Equinix S.r.l.

Equinix ML6

ML6 Geological Report

Reference: ML06-01-RP-S-XXXXXX-XX-XX-XXXX-XXX

P01 | 8 giugno 2026

Questa relazione è stata redatta per tener conto delle particolari prescrizioni ed esigenze del Cliente. Non è intesa per essere divulgata a terze parti, per altri scopi. In tal caso, non viene assunta alcuna responsabilità per l'uso che ne venga fatto da parte di terzi.

Job number 316623-30

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milan
20122
Italy
arup.com

COMUNE DI SETTIMO MILANESE

CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO

Committente

Equinix Italia s.r.l.

Realizzazione nuovo Data Center
ML6 Building 3

Relazione geologica R1 ai sensi delle NTC 2018 cap. 6.1.2
Relazione geotecnica R2 ai sensi NTC 2018 cap. 6.2.2
Relazione geologica di fattibilità R3 ai sensi della DGR 2616/2011

Bergamo 04.06.2026

Arnaldo Zanchi Geologo

ORDINE dei GEOLOGI della LOMBARDIA
ZANCHI ARNALDO N° 833

1. PREMESSA 4
2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA 4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 6
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 6
3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 7
3.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO 8
3.3.1. Supersintema di Besnate 8
3.3.2. Unità di Minoprio 8
3.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 11
3.4.1. Modello Idrogeologico Regionale 11
3.4.2. Serie Idrogeologica per la Media Pianura Lombarda 11
3.4.3. Caratterizzazione Idrogeologica nel Territorio Comunale 12
3.4.4. Piezometria e Soggiacenza Della Falda Acquifera 13
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO 14
4.1. MACROZONAZIONE SISMICA 14
4.2. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO 14
5. PERICOLOSITÀ SISMICA 16
5.1. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 16
5.2. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI RITORNO E PERIODO DI RIFERIMENTO 17
5.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 19
5.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO 22
5.4.1. Coefficienti Sismici 22
5.4.2. Stabilità dei Pendii e Fondazioni 22
5.4.3. Fronti di Scavo e Rilevati 23
5.5. RISULTATI 23
5.5.1. Pericolosità Sismica di Base 23
5.5.2. Pericolosità Sismica di Sito 25
5.5.2.1. Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni 25
5.5.2.2. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali 25
5.5.2.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali 26
6. PERICOLOSITÀ SISMICA AI SENSI DELLA DGR IX/2616 DEL 30.11.2016....26
6.1. ANALISI DI SECONDO LIVELLO 27
6.1.1. Profilo Sismico di Riferimento 27
6.1.2. Periodo Proprio di Sito 28
6.1.3. Calcolo del Fattore d'Amplificazione 28
7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA CON IL PGT 30
7.1. CARTA DEI VINCOLI 30
7.2. CARTA DELLA FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO 33

8. INDAGINI DI SITO E DI LABORATORIO 34
8.1. INDAGINI DI SITO E LABORATORIO 2018 34
8.1.1. Indagini di Sito 34
8.1.2. Indagini di Laboratorio 35
8.2. INDAGINI DI SITO 2019 35
8.2.1. Indagini di Sito 35
8.3. INDAGINI DI SITO 2020 35
8.3.1. Indagini di Sito 35
9. PROFILO LITOSTRATIGRAFICO 35
10. LIVELLO PIEZOMETRICO 36
11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE 36
12. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 38
12.1. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI 38
12.2. LIVELLO DI FALDA 39

ALLEGATO A: Relazione tecnica delle indagini di sito e laboratorio emessa da MGS Srls nel 2018

ALLEGATO B: Relazione tecnica delle indagini di sito emessa da GEOSER nel 2020

1. PREMESSA

La presente relazione geologica redatta ai sensi del paragrafo 6.2.1 delle NTC 2018 e della D.G.R. 2616/2011 si integra al progetto per il nuovo Data Center Building 3 ML6 nel Comune di Settimo milanese. Data la vicinanza del building ML5 si è ritenuto ragionevole utilizzare le stesse indagini geologiche geotecniche utilizzate precedentemente per la relazione geologica del progetto ML5 Building 2.

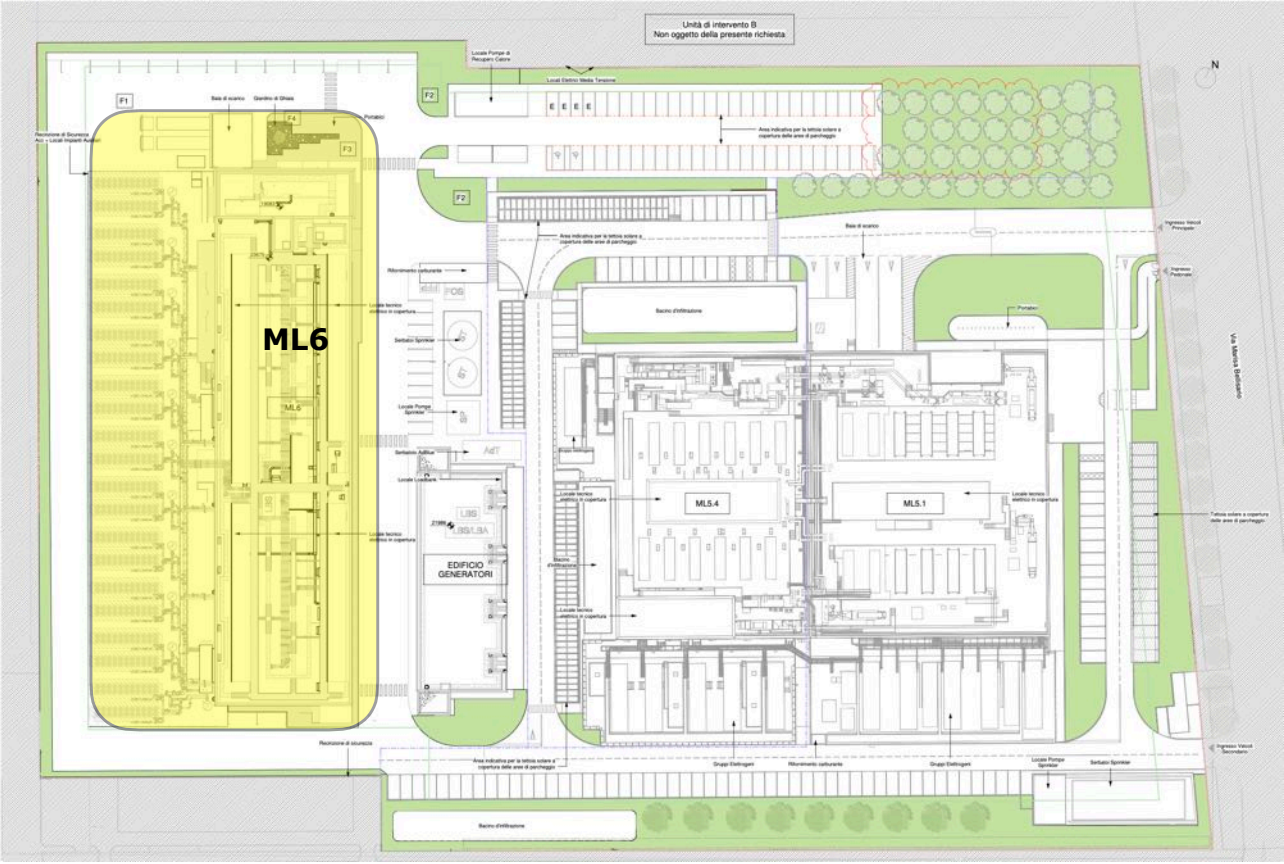


Fig. 1: Layout di progetto con il nuovo edificio Building 3 ML6

2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018 (Circolare n 7 del 21 Gennaio 2019)
- Nuove norme tecniche delle costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018);
- D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015);
- D.g.r. 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374;
- Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 (Circolare n 617 del 2 Febbraio 2009);
- Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (OPCM n.3519 del 28/04/2006);

- Comune di Settimo Milanese - Aggiornamento dello Studio geologico di supporto allo strumento urbanistico regionale (P.G.T.) -L.R. n. 12 /2005 D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 (26/02/2009);
- Comune di settimo Milanese Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT - Relazione tecnica generale rev. 01 - Dott D. Roverselli febbraio 2024
- Comune di settimo Milanese Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT - Norme geologiche di piano rev. 01 - Dott D. Roverselli febbraio 2024
- MGS S.r.l.s. - Indagine geotecnica e sismica Rapporto descrittivo - Agosto 2018;
- Ingegneri Consulenti Sr- - ML5.1 - Riba5 -Relazione geotecnica - 22 luglio 2019;
- Geoser Srl - Esecuzione d'indagini geognostiche per la realizzazione del nuovo Data Center ML5.1 in via R. Romoli a Settimo Milanese - Giugno 2019.
- Geoser Srl - Esecuzione di indagine geognostica presso stabilimento EQUINIX in Via Reiss Romoli a Settimo Milanese (MI) - Maggio 2020.

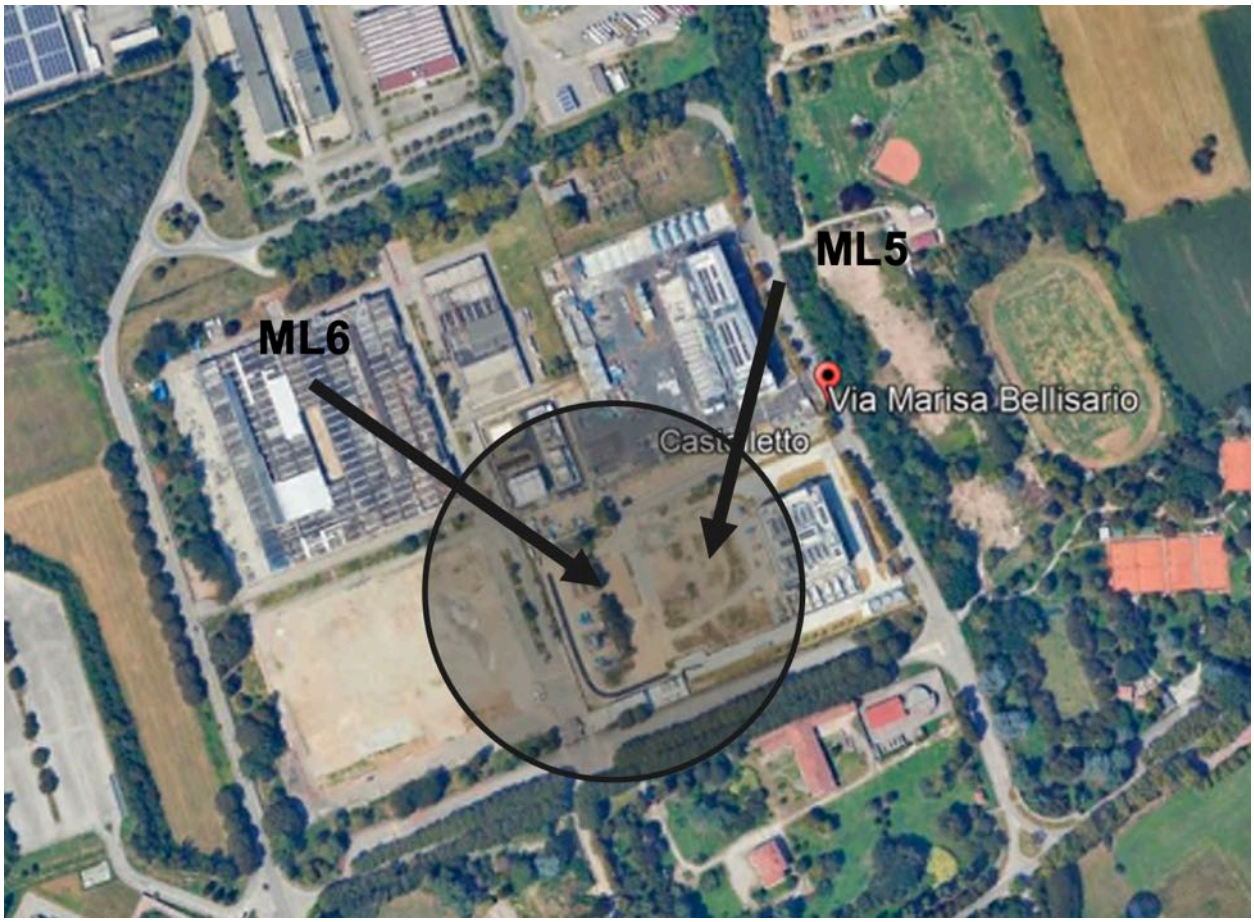


Fig. 2: Stato di fatto su ortofoto da relazione ARCADIS 04/2025 "PHASE II: ENVIRONMENTAL SITE INVESTIGATION REPORT"

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio del Comune di Settimo Milanese si trova nel settore centro-occidentale della Pianura Padana e più precisamente nelle fascia della "media pianura" lombarda.

L'assetto geologico di gran parte della Pianura Padana è rappresentato dalla sovrapposizione di una coltre di sedimenti depositatasi in ambiente continentale che raggiunge nella zona assiale anche 200÷300 metri di spessore e che poggia su di un substrato marino piegato e fagliato.

L'evoluzione geologica pliocenico quaternaria del bacino padano può essere schematizzata in tre diverse fasi che si succedettero nei seguenti intervalli temporali: Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, Pleistocene e Olocene.

Dal Pliocene superiore al Pleistocene inferiore si verificò una fase di regressione marina coincidente con il sollevamento della pianura che iniziò nel Piemonte occidentale e si estese gradualmente in direzione orientale. Tale evento portò all'emersione di un'area che era delimitata verso est grossomodo da una linea congiungente il Bresciano con il Pavese occidentale. Nella restante parte di pianura si ebbero temporanee emersioni durante le glaciazioni ma la sedimentazione sostanzialmente avvenne in ambiente marino fino ad epoca recente in quanto il sollevamento fu meno accentuato rispetto al settore occidentale.

Le caratteristiche litologiche e tessiturali dei depositi del Villafranchiano comprendenti limi, sabbie fini e argille con frequenti torbe e bancate grossolane oppure estesi livelli di sabbie, testimoniano che nel settore occidentale della Pianura Padana la sedimentazione avvenne in ambienti continentali, comprendenti piane alluvionali, bacini lacustri, delta fluviali e pianure costiere.

L'unità villafranchiana è stata quindi sottoposta ad un marcato sollevamento ed è stata parzialmente erosa e profondamente incisa. La superficie erosionale è stata successivamente ricoperta dai sedimenti fluvioglaciali e alluvionali del Pleistocene superiore e dell'Olocene attualmente affioranti nella Pianura Padana.

Il Pleistocene fu caratterizzato da intense variazioni climatiche legate al verificarsi delle glaciazioni che comportarono l'alternarsi di processi di deposizione e di erosione. In questa seconda fase, durante gli episodi glaciali del Mindel, del Riss e del Wurm si depositò una vasta coltre di sedimenti fluvioglaciali, mentre i sedimenti alluvionali risultano associati alla presenza di ghiacciai in fase di ritiro. In concomitanza alla presenza di ghiacciai in espansione, i corsi d'acqua svolgevano prevalentemente un'azione di trasporto e deposizione dei materiali originati dalla progressiva disgregazione delle catene alpina e appenninica, mentre nelle epoche post-glaciali i fiumi approfondivano ed ampliavano il loro corso erodendo in parte i sedimenti precedentemente deposti.

In corrispondenza del limite raggiunto dai ghiacciai nelle diverse epoche, le morene frontali ricoprirono i depositi fluvioglaciali e affiorano estesamente tuttora verso i margini pedemontani della pianura.

L'ultima fase evolutiva della Pianura Padana coincide con il sollevamento e la progressiva emersione del settore orientale e con la deposizione dei sedimenti

alluvionali olocenici, costituiti prevalentemente da sabbie, ghiaie e limi con lenti argillose. L'alternanza di episodi di piena e di magra dei corsi d'acqua ha comportato il succedersi di fasi di deposito e di erosione, e queste ultime, in combinazione con fenomeni di divagazione fluviale, hanno determinato la presenza di numerose discontinuità stratigrafiche sia verticali che laterali nei sedimenti alluvionali.

Nella figura successiva viene riportato il classico schema delle principali unità geologiche che costituiscono la Pianura Padana proposta da Francani nel 1997. In giallo è evidenziato il fluvioglaciale del wurm che corrisponde alle nuove unità allostratigrafiche di cui fanno parte anche quelle che verranno descritte nel successivo capitolo Inquadramento stratigrafico.

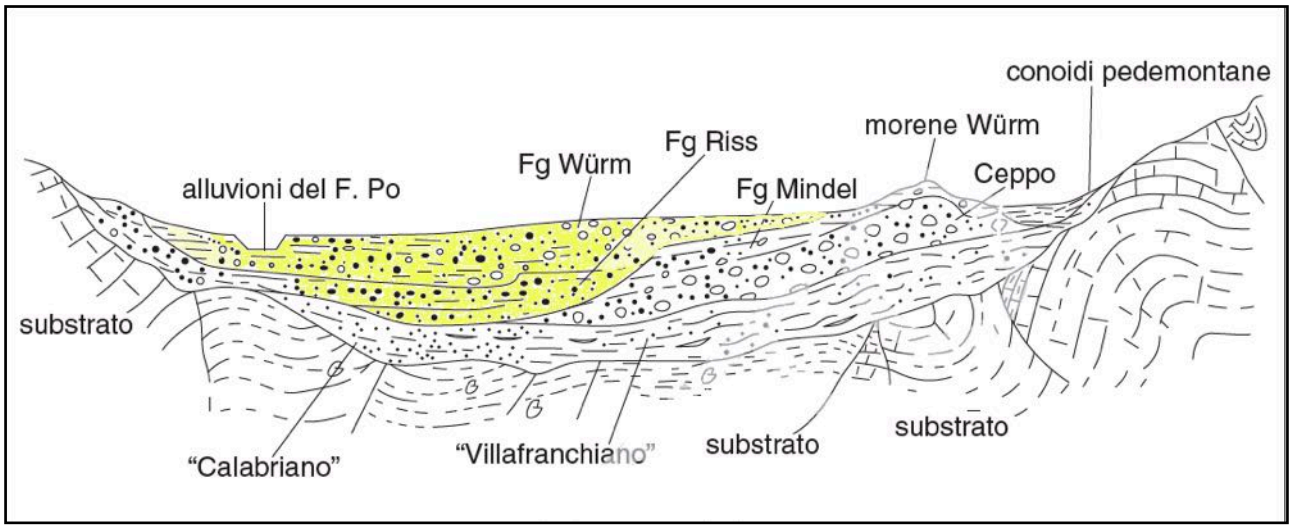


Fig.3: Schema geologico della pianura padana di Francani 1997

3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio del Comune di Settimo Milanese si presenta mediamente pianeggiante e caratterizzato da un gradiente altimetrico in direzione SE sostanzialmente costante e pari allo 0,36%; le quote altimetriche risultano comprese tra 144,00 ed i 125,00 m s.l.m.

La morfologia di tale area, sebbene pianeggiante, è caratterizzata da lievi ondulazioni naturali della superficie topografica, rappresentate da dossi e depressioni, e da elementi morfologici di origine antropica.

Il paesaggio della zona in esame è il risultato di azioni morfogenetiche diverse, tra cui antichi processi di deposito fluviale e fluvioglaciale ai quali sono seguiti processi di erosione meteorica.

Infine, l'intervento antropico ha completato la trasformazione del territorio, oltre che con l'urbanizzazione, che ha comportato la modificazione della superficie topografica con operazioni di scavo-riporto e/o la sua copertura con costruzioni, con la realizzazione di infrastrutture e di opere di irrigazione.

3.3. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Dalla Carta geologica d'Italia 1:50.000, foglio n. 118 - Milano, l'area di Settimo Milanese interessata dal progetto Equinix presenta come terreni di fondazione i depositi fluvioglaciali dell'Unità di Minoprio appartenente al Supersintema di Besnate.

3.3.1. Supersintema di Besnate

Il supersintema di Besnate è costituito esclusivamente da depositi fluvioglaciali, caratterizzati da profili d'alterazione moderatamente evoluti, che strutturano gran parte della pianura del settore centro occidentale di Milano. In base alle relazioni morfologiche, esso è stato suddiviso in numerose unità, leggermente differenti per sequenze sommitali, suoli supportati e composizione petrografica.

Nonostante l'elevato numero di unità riconosciute, la litologia è alquanto omogenea, differendo in parte per le unità di Minoprio e Guanzate che, occupando aree molto estese, presentano una certa variabilità nelle sequenze sommitali.

Il supersintema di Besnate, con le eccezioni sopracitate, è costituito da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa, da massive a grossolanamente stratificate; ghiaie a supporto di matrice; sabbie medie e grossolane. Clasti poligenici da arrotondati a subarrotondati, in prevalenza centimetrici.

Il supersintema di Besnate è un'unità polifasica pre-LGM. Per quanto riguarda l'area in oggetto, le relazioni sono state stabilite in base alle relazioni geometriche e morfologiche con le fronti glaciali immediatamente esterne a quelle più recenti dell'anfiteatro canturino. Nell'area del Verbano, la radiodatazione di suoli sepolti attribuiti a questo supersintema ha fornito età comprese tra 26.500 e 32.200 anni 14C (da Rold, 1990) . Pertanto, il supersintema di Besnate viene attribuito all'intervallo tardo Pleistocene medio - Pleistocene superiore.

3.3.2. Unità di Minoprio

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico; matrice sabbiosa e sabbioso limosa. Clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici (dimensioni più frequenti tra 1-5 cm; dimensione massima osservata 20 cm circa). Ghiaie da massive a grossolanamente stratificate. Sono discontinuamente presenti sedimenti fini rubefatti a clasti sparsi, che costituiscono il riempimento di canali incisi nelle ghiaie, fluitato dai suoli delle superfici circostanti. La composizione petrografica è dominata da rocce endogeno-metamorfiche e da rocce ipoabissali/ vulcaniche, con quantità subordinate di rocce terrigene, a cemento quasi esclusivamente carbonatico e quantità variabili di quarzo e selci; le rocce carbonatiche pure sono assenti. Le litologie marker (porfidi rosa e vulcaniti) indicano un'alimentazione da parte del bacino del Fiume Olona .

La superficie limite è di difficile caratterizzazione per la differenziazione delle sequenze sommitali che seppelliscono le ghiaie.

I caratteri distintivi dei suoli vanno ricercati dove le ghiaie affiorano direttamente o sono coperte da sottili livelli colluviali. Si osservano Alfisuoli con spessori medi attorno a 1,5 m, a matrice prevalentemente limoso sabbiosa, moderatamente rubefatta. L'alterazione interessa le rocce terrigene carbonatiche (sempre decarbonatate), le

vulcaniti (50% facilmente frantumabili a mano) e i porfidi; poco o non alterate le rocce cristalline.

Il limite superiore coincide in parte con la superficie topografica, in parte con una superficie erosionale su cui poggiano le ghiaie del sintema di Cantù, le sequenze sabbiose e limoso argillose del subsintema di Ronchetto delle Rane e depositi fluviali del sintema del Po (unità postglaciale). Il limite inferiore è una superficie erosionale, che taglia le unità di Sumirago e Cadorago .

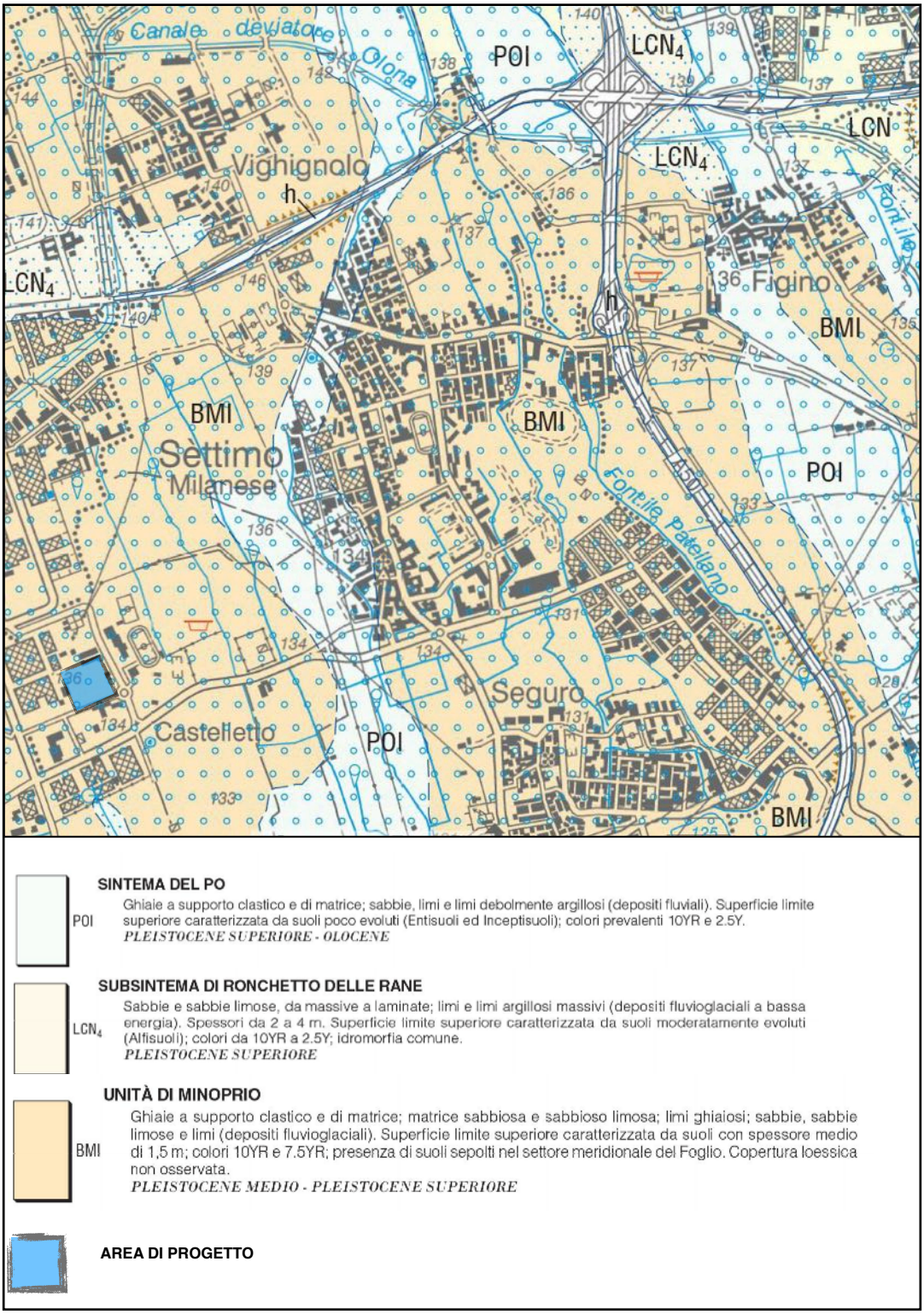


Fig. 4: Estratto dal foglio 118 - Milano della Carta Geologica d'Italia 1:50.000

Considerano lo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale i terreni di fondazione appartengono alla Litozona Ghiaioso-sabbiosa posta fra il piano campagna ed i 100.00÷120.00 m di profondità, costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli in frazione limoso-argillosa. Si riscontra la presenza di strati poco potenti o di lenti costituiti da materiale più grossolani privi di frazione fine limoso-argillosa. Alla profondità di circa 60.00÷65.00 m è presente uno strato sempre riconoscibile costituito da argilla gialla della potenza variabile fra i 5.00 ed i 10.00 m.

Al di sotto di tale profondità si osserva una alternanza di depositi sabbioso-ghiaiosi, con potenze fino a 10.00 m e depositi argillosi o argilloso-sabbiosi con potenza equivalente. Alla base di questa Litozona è presente uno strato di argilla limosa, azzurra o varicolori, talora torbosa, di potenza compresa fra 7.00 m e 10.00 m.

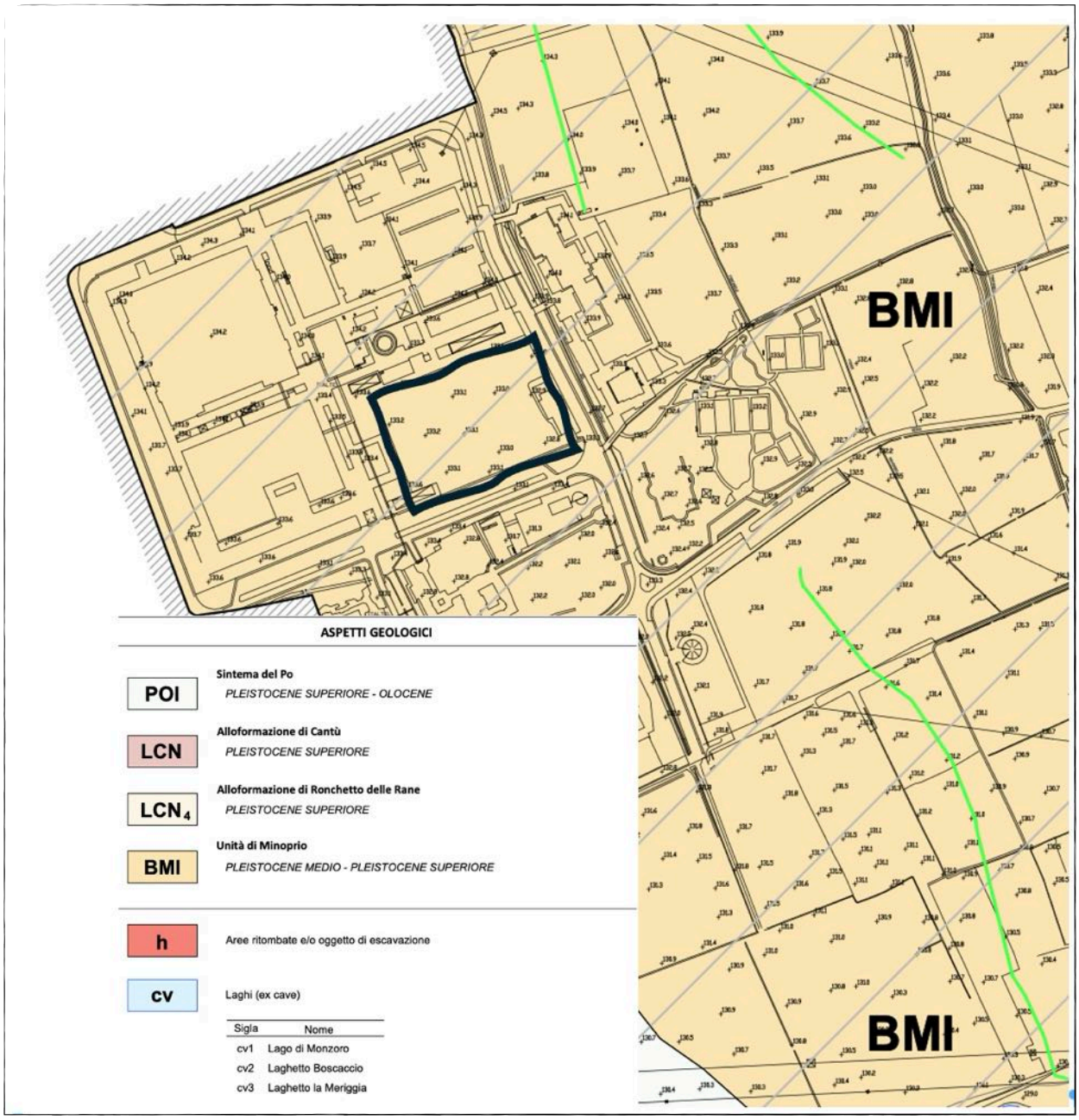


Fig.5: Estratto della tav. Geologica del PGT comunale di Settimo milanese.

3.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.4.1. Modello Idrogeologico Regionale

Nel presente paragrafo viene illustrato a carattere generale il modello idrogeologico per la pianura lombarda così come proposto dalla Regione Lombardia nel suo Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia nel 2001.

In questo modello si definiscono tre acquiferi principali indicati come "superficiale" o primo acquifero, "tradizionale" o secondo acquifero e acquifero "profondo" poggianti su un substrato roccioso terziario formato da depositi marini poco permeabili.

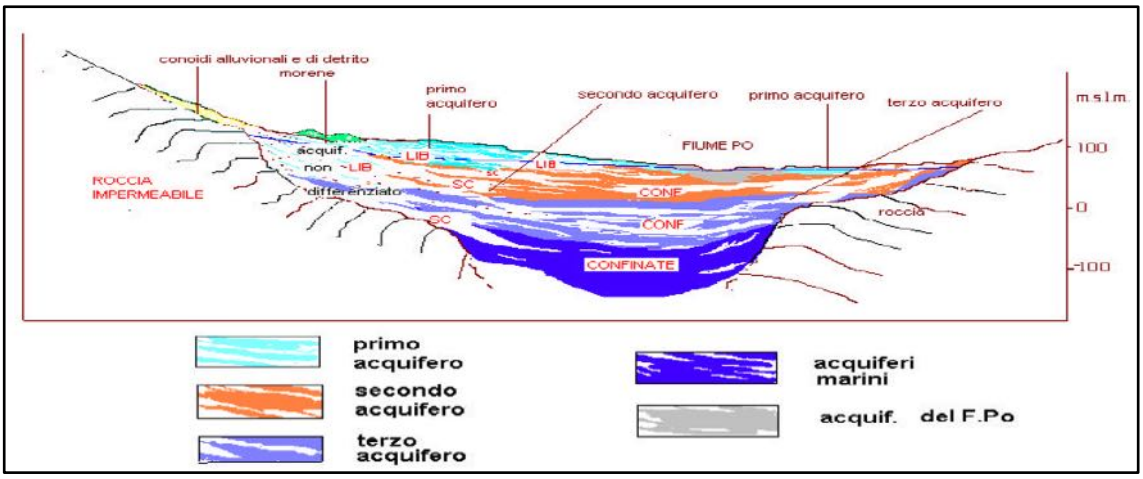


Fig 6 Sezione Nord-Sud del modello idrogeologico per la pianura lombarda

3.4.2. Serie Idrogeologica per la Media Pianura Lombarda

Considerando un'importante studio idrogeologico di Denti, Francani, Fumagalli, Pezzera e Sala la serie idrogeologica, proposta per la media pianura lombarda, individua le seguenti unità descritte dalle più vecchie alle più recenti:

Substrato roccioso indifferenziato: E' costituito da rocce del Mesozoico e Cenozoico che affiorano nei rilievi che bordano la pianura.

Litozona ad argille prevalenti: L'unità risulta costituita da argille e limi prevalenti, con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, di origine per la maggior parte continentale. I livelli argillosi, talvolta molto continui lateralmente, definiscono una struttura idrogeologica denominata acquifero multistrato. I livelli più permeabili formano i cosiddetti acquiferi profondi che sono sede di falde confinate o semiconfinate, con potenzialità idrica molto ridotta. Gli acquiferi manifestano, in linea generale, una forma lenticolare; le ghiaie e le sabbie sono ovunque subordinate ai terreni coesivi, che hanno spesso una caratteristica colorazione grigio-azzurra. A questa unità difatti appartengono anche i sedimenti del Pleistocene inferiore e Pliocene superiore di origine marina (contenenti anche macrofaune fossili), i quali hanno litologia e comportamento idrogeologico analogo a quello dei sedimenti continentali summenzionati. Dal punto di vista stratigrafico, dunque, inferiormente i dati paleontologici indicano un ambiente deposizionale lagunare e marino, con presenza di fossili di tali ambienti mentre superiormente i depositi appartenenti alla litozona in argomento sono di origine continentale e contengono livelli di torbe, espressione di sedimentazione palustre di età villafranchiana (Pleistocene inferiore). Talora tali acquiferi, che stratigraficamente

si trovano al disotto dei conglomerati variamente fessurati della formazione del Ceppo, assumono una certa importanza in quanto vengono raggiunti da pozzi profondi, destinati all'emungimento di acque da adibire al consumo umano. I livelli argillosi della litozona ad argille prevalenti proteggono difatti la falda dalla percolazione di eventuali inquinanti, mentre le falde superficiali talora risultano inquinate. In alcuni casi le condizioni naturali di degrado, la bassa trasmissività e la bassa velocità di ricarica delle falde ne riducono la possibilità di sfruttamento.

Litozona a conglomerati prevalenti: Si tratta di una successione di conglomerati compatti e fratturati, sabbie, arenarie e rare ghiaie, con intercalazioni argillose. Le alternanze di orizzonti conglomeratici e argillosi sono disposti senza un ordine o una successione preferenziale; verso l'alto prevale spesso una potente serie di depositi conglomeratici con locali intercalazioni di livelli argillosi. I conglomerati, appartenenti alla formazione del Ceppo (Pleistocene inferiore), rappresentano la principale roccia serbatoio. Le lenti ghiaioso-sabbiose presentano una considerevole estensione areale (fino a 2-3 km) e visto il loro discreto spessore costituiscono un corpo acquifero molto produttivo e sfruttato dai pozzi perforati. Tutto lo spessore dell'unità conglomeratica risulta caratterizzato da una marcata eterogeneità litologica che condiziona la circolazione idrica sotterranea. La permeabilità dei depositi conglomeratici è alquanto varia, influenzata dalla presenza di fratture e cavità di dissoluzione, dal grado di cementazione e dalla percentuale di sedimenti fini. Anche i valori di trasmissività e di porosità risultano variabili in funzione di tali condizioni e del grado di compattezza dei conglomerati. Essendo comunque lo spessore saturo mediamente superiore a 50 metri, la potenzialità idrica dell'acquifero del "Ceppo" è piuttosto elevata. I pozzi che lo captano presentano portate specifiche con valori compresi tra i 10 ed i 30 l/s*m; le portate minime sono correlate anche ad una diminuzione progressiva dello spessore del "Ceppo" conseguente ad un innalzamento dell'unità "Villafranchiana".

Litozona a ghiaie e sabbie a componente limosa: Questa unità ha un certo interesse pratico in quanto la litozona è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali del Riss e del Mindel (Pleistocene medio), che ospitano lenti ghiaioso-sabbiose di sensibile estensione anche se di spessore talora ridotto. Negli orizzonti a granulometria grossolana difatti si intercalano livelli sabbiosi, limosi e argillosi. Talvolta le ghiaie vengono cementate dall'acqua sotterranea e si presentano in forma di conglomerati.

Litozona a ghiaie e sabbie: Questa unità, in cui frequentemente si rinviene la falda freatica, è costituita dalle ghiaie e dalle sabbie dei sedimenti alluvionali recenti e di quelli fluvioglaciali würmiani contraddistinti da caratteristiche di permeabilità elevata.

3.4.3. Caratterizzazione Idrogeologica nel Territorio Comunale

Dallo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale è possibile riportare la seguente schematizzazione per le falde idriche del sottosuolo di Settimo Milanese:

- prima falda: di tipo freatica, non confinata, a profondità di circa 2.00÷10.00 m dal p.c, contenuta a letto dai depositi a bassa permeabilità individuati nei primi venti metri di sottosuolo.Date tali condizioni geometriche la prima falda è assimilabile ad un acquifero libero monostrato;

- seconda falda: semiartesiana compresa fra 20.00/40.00 m ed i 110.00/120.00 m dal p.c, contenuta entro i sedimenti permeabili sabbioso-ghiaiosi, appartenenti alla II Litozona, separati da livelli impermeabili con discreta continuità laterale. Nel suo complesso la seconda falda è definibile come acquifero semiartesiano multistrato.
- terza falda: compresa fra 120.00 e circa 200.00 m dal p.c, costituita dai livelli acquiferi prevalentemente sabbiosi intercalati a potenti orizzonti impermeabili appartenenti alla Litozona argillosa-limosa, è assimilabile ad un unico acquifero multistrato in pressione.

Profondità dal p.c.	Litologia prevalente	Idrogeologia
ACQUIFERO TRADIZIONALE da p.c. a -10m / -20m	ghiaie e sabbie; limi argillosi	saturo, molto permeabile
da -20m / -40m a -60m / -80m	ghiaie e sabbie	saturo, molto permeabile
da -60 m / -80 m a 110 m /-120 m	argille e limi	saturo, poco permeabile
ACQUIFERO PROFONDO	da 110 m -120 m a -220 m alternanza di orizzonti decametrici costituiti da: argille, sabbie e ghiaie	impermeabile (argilla); molto permeabile (sabbia e ghiaia)

Fig. 7: Schema assetto idrogeologico per Settimo Milanese (Venegoni 2009)

3.4.4. Piezometria e Soggiacenza Della Falda Acquifera

Sempre dallo studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale si ricavano le seguenti indicazioni:

- la soggiacenza della falda in territorio comunale decresce da Nord-Ovest verso Sud est, con valori compresi tra i 7.00 m (confine comunale con Cornaredo) ed i 2.50 m (località ex Cave di Monzoro);
- la quota piezometrica in territorio comunale di Settimo Milanese risulta compresa tra i 135.00 m ed i 120.00 m s.l.m., con valori decrescenti da Nord-Ovest verso Sud;
- il gradiente della falda freatica risulta relativamente costante, con valori medi pari a 0.30%;
- procedendo da ovest verso est si evidenzia come il deflusso delle acque sotterranee si sviluppi secondo una direzione media da Nord Nord-Ovest – Sud Sud-Est ad una direzione di deflusso Nord Oste – Sud Est

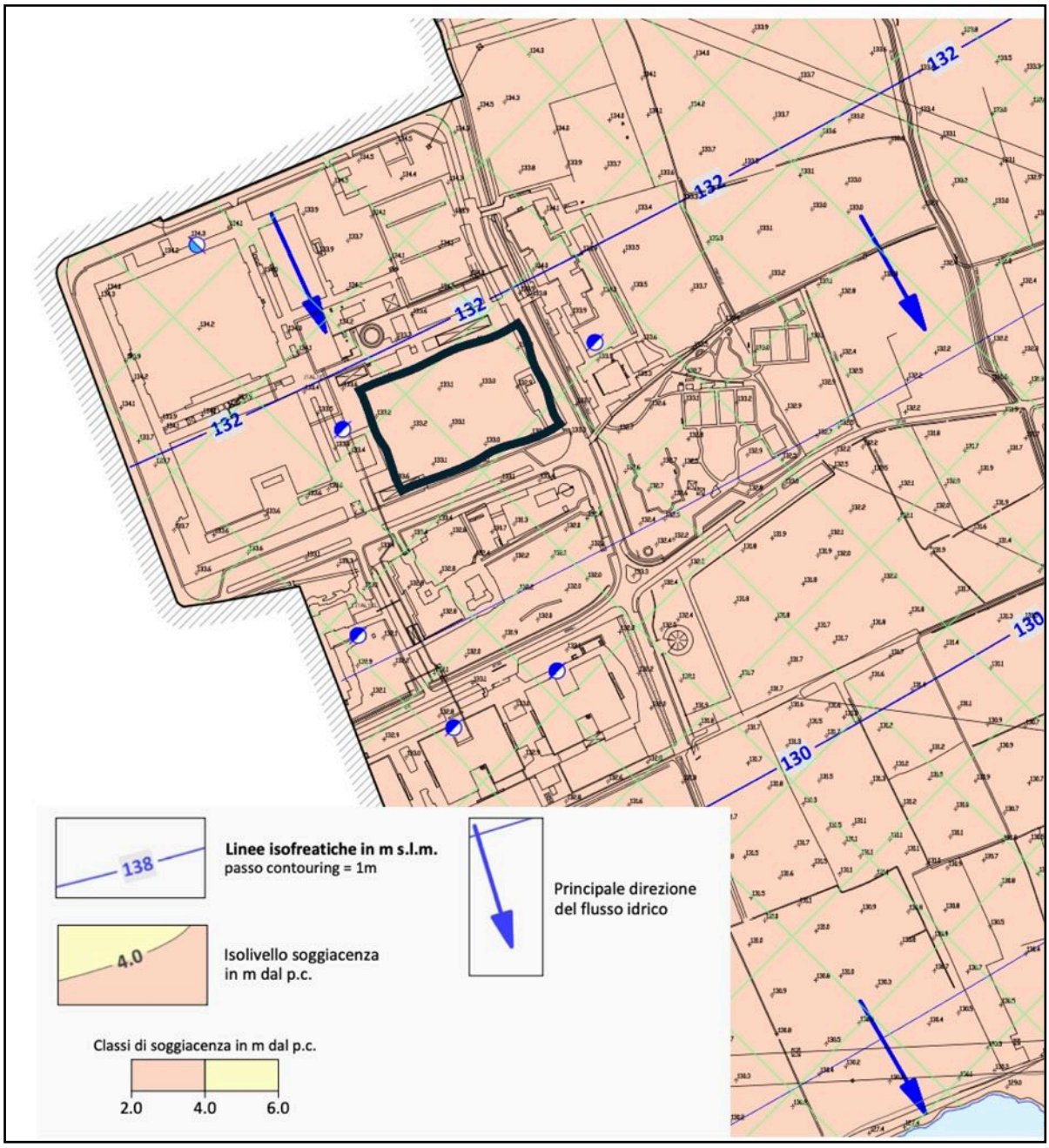


Fig. 8: Estratto dalla carta idrogeologica del PGT comunale

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

4.1. MACROZONAZIONE SISMICA

Considerando la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) il comune di Settimo Milanese è classificato in quarta zona sismica (Zona 4) con un valore dell'accelerazione orizzontale massima (Ag_{Max}) su suolo di categoria A pari a 0,044794g.

4.2. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Per la classificazione del sito e determinare l'eventuale amplificazione sismica, le norme tecniche sulle costruzioni (NTC 2018), riprendendo quanto riportato

nell'Eurocodice 8 (con particolare riferimento alla prima parte EN1998-1 in cui si definiscono le regole generali, le azioni sismiche e regole specifiche per edifici).

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi o terreno molto rigidi caratterizzati da velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un migliortamento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 100 m/s e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valore di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore ai 30 metri.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VS,eq (m/s) definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N Numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/sec.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,i}$ e definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo H=30 nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Considerando i risultati delle MASW eseguite nel 2018 (MGS S.r.l.s.) e 2020 (Geoser Srl) i terreni di fondazione, con una $V_{S,eq}$ compresa tra i 287 ed i 321 m/sec, appartengono alla classe C ovvero: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato

superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s.

5. PERICOLOSITÀ SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

5.1. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$V_R = V_N * C_u$

dove

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 1 Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo:

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 1: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Nel caso specifico V_N = 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici di tipo agricoli. C_U = 0.7;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. C_U = 1.0;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. C_U = 1.5;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. C_U = 2.0;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso III a cui è associato il coefficiente d'uso C_U = 1,5.

Ricavati i valori di V_N e C_U, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R, che qui vale:

V_R = 50 * 1,5 = 75 anni.

5.2. STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI RITORNO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare

la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**P_{VR} = 81%**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**P_{VR} = 63%**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**P_{VR} = 10%**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**P_{VR} = 5%**

Tab. 2: Stati limite e rispettive probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{VR}\right)}$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è V_R = 75 anni, il tempo di ritorno T_R si ricava dalla tabella 3:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**T_R = 45**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**T_R = 75**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**T_R = 712**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**T_R = 1462**

Tab. 3: Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

5.3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A delle NTC08:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- Fo e TC* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC18 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabelle contenute nell'Allegato B delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Fig. 9), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) * \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) * \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,2}$.

Per un punto del non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$P = \frac{\sum_{I=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{I=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

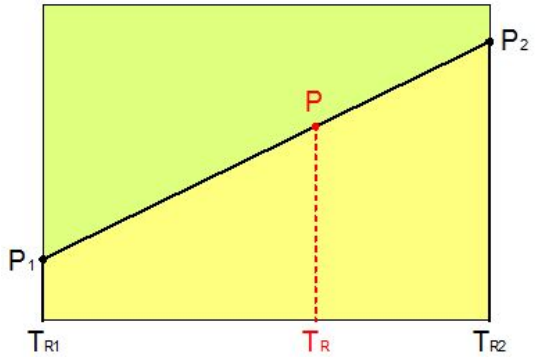


Fig. 9: Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Fig. 10

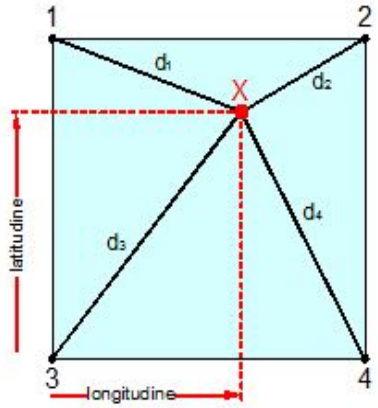


Fig. 10: Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC18, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R * ar\cos\left[\sin\left(lat\beta\right) * \sin\left(lat\alpha\right) + \cos\left(lat\beta\right) * \cos\left(lat\alpha\right) * \cos\left(lon\alpha - lon\beta\right)\right]$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre lat*α*, lon*α*, latβ e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0,01g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

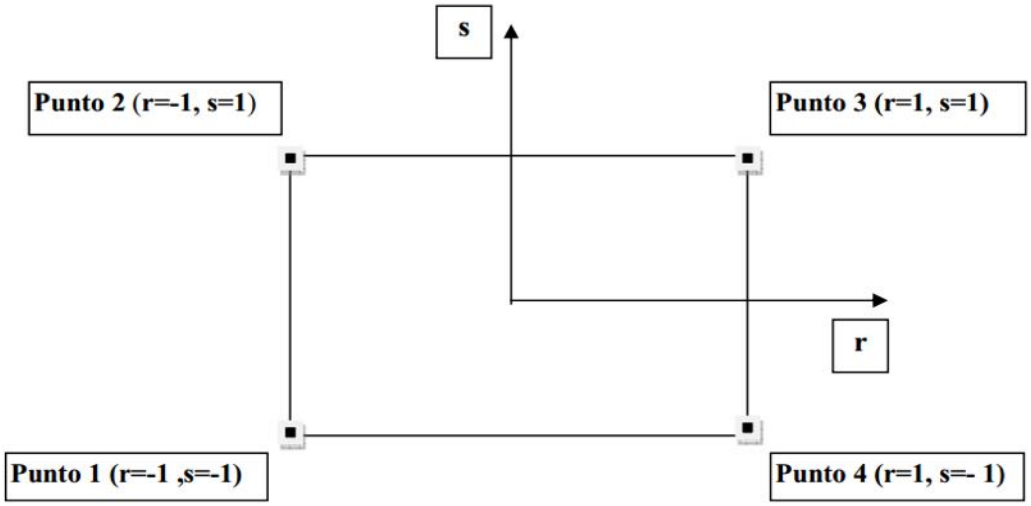


Fig. 11: Applicazione dell'interpolazione bilineare

Definiti i 4vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = \left(1-r\right) * \left(1-s\right) / 4 \quad h_2 = \left(1-r\right) * \left(1+s\right) / 4 \quad h_3 = \left(1+r\right) * \left(1+s\right) / 4 \quad h_4 = \left(1+r\right) * \left(1-s\right) / 4$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le relazioni seguenti:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i * x_i = \left[\left(1-r\right) * \left(1-s\right) * x_1 + \left(1-r\right) * \left(1+s\right) * x_2 + \left(1+r\right) * \left(1+s\right) * x_3 + \left(1+r\right) * \left(1-s\right) * x_4\right]$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i * y_i = \left[(1-r)*(1-s)*y_1 + (1-r)*(1+s)*y_2 + (1+r)*(1+s)*y_3 + (1+r)*(1-s)*y_4\right]$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri ag, F0, Tc* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i * p_i = \left[(1-r)*(1-s)*p_1 + (1-r)*(1+s)*p_2 + (1+r)*(1+s)*p_3 + (1+r)*(1-s)*p_4\right]$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5.4. PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.4.1. Coefficienti Sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln\left(1 - P_{VR}\right)}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.4.2. Stabilità dei Pendii e Fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s * \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \quad k_v = \pm 0{,}5 * k_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 4 seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A, B	**C, D, E**
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0,28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = S_s * S_T * a_g$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto ag/g.

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche: T1: $S_T = 1.0$; T2: $S_T = 1.20$; T3: $S_T = 1.20$; T4: $S_T = 1.40$.

5.4.3. Fronti di Scavo e Rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = k_h * W \text{ ed } F_v = k_v * W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.5. RISULTATI

5.5.1. Pericolosità Sismica di Base

Vita nominale (Vn): 50[anni]

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso (Cu): 1,50

Periodo di riferimento (Vr): 75[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 45[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 75[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 712 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 14620 [anni]

Coordinate geografiche del punto in posizione baricentrica dell'area di progetto:

Latitudine (WGS84): 45,4753304 [°]

Longitudine (WGS84): 9,0376215 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame:

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	12258	45,451570	9,004113	3848,35
2	12259	45,454180	9,075212	3761,06
3	12037	45,504120	9,071400	4012,07
4	12036	45,501500	9,000316	4101,10

Parametri di pericolosità sismica per T_R diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento:

Punto1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,523	0,183
SLD	75	0,025	2,584	0,198
SLV	712	0,047	2,708	0,295
SLC	1462	0,056	2,786	0,312

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,021	2,532	0,183
SLD	75	0,026	2,588	0,2
SLV	712	0,05	2,703	0,292
SLC	1462	0,059	2,773	0,309

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,021	2,53	0,183
SLD	75	0,026	2,587	0,198
SLV	712	0,049	2,706	0,293
SLC	1462	0,058	2,775	0,31

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,529	0,183

SLD	75	0,024	2,582	0,196
SLV	712	0,046	2,703	0,296
SLC	1462	0,055	2,78	0,314

Punto d'indagine in posizione baricentrica dell'area di progetto

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	45	0,02	2,528	0,183
SLD	75	0,025	2,585	0,198
SLV	712	0,048	2,705	0,294
SLC	1462	0,057	2,779	0,312

5.5.2. Pericolosità Sismica di Sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2):1,000

Categoria sottosuolo:

C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s

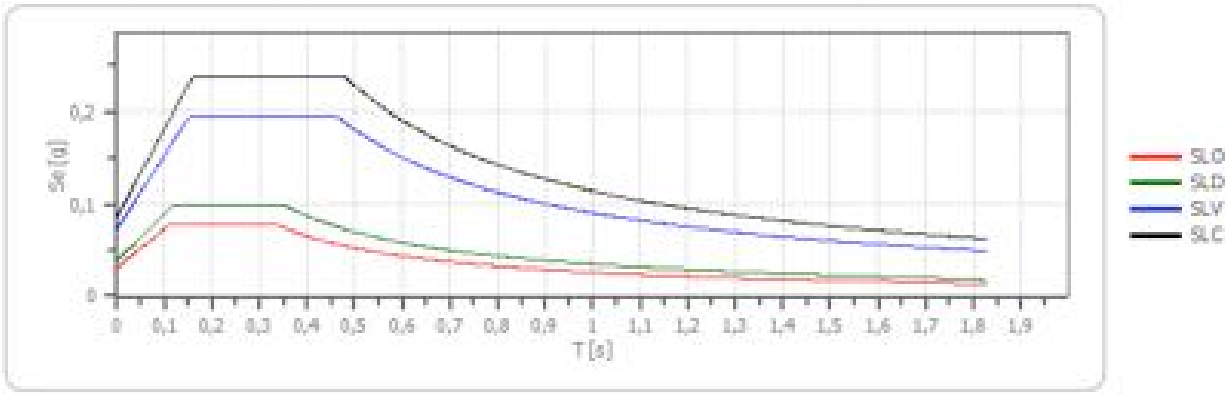
Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≦15°

5.5.2.1. <u>Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni</u>

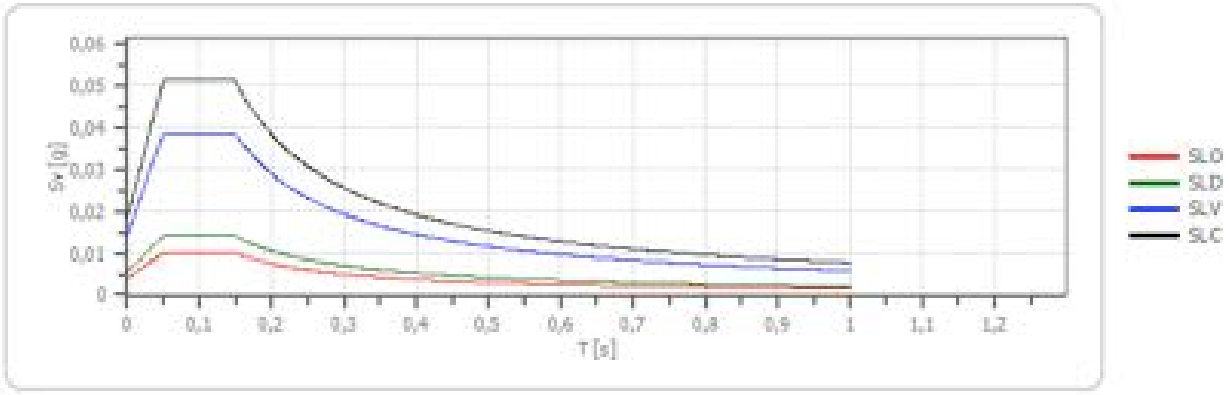
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,006	0,008	0,014	0,017
k_v	0,003	0,004	0,007	0,009
a_{max} [m/s²]	0,301	0,372	0,708	0,839
Beta	0,2	0,2	0,2	0,2

5.5.2.2. <u>Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali</u>



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,020	2,528	0,183	1,5	1,840	1,000	1,50	1,000	0,112	0,336	1,682	0,031	0,078
SLD	1,5	0,025	2,585	0,198	1,5	1,790	1,000	1,50	1,000	0,118	0,355	1,701	0,038	0,098
SLV	1,5	0,048	2,705	0,294	1,5	1,570	1,000	1,50	1,000	0,154	0,462	1,792	0,072	0,195
SLC	1,5	0,057	2,779	0,312	1,5	1,540	1,000	1,50	1,000	0,160	0,480	1,828	0,086	0,238

5.5.2.3. Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	S_T [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,5	0,020	2,528	0,183	1	1,840	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,004	0,010
SLD	1,5	0,025	2,585	0,198	1	1,790	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,005	0,014
SLV	1,5	0,048	2,705	0,294	1	1,570	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,014	0,039
SLC	1,5	0,057	2,779	0,312	1	1,540	1,00	1,00	1,000	0,050	0,150	1,000	0,018	0,051

6. PERICOLOSITÀ SISMICA AI SENSI DELLA DGR IX/2616 DEL 30.11.2016

Considerando il primo livello di approfondimento previsto dalla DGR IX/2616, per l'area di progetto in Settimo Milanese, si considerano scenari di pericolosità sismica del tipo z4a, ovvero zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluviali-glaciali granulari e/o coesivi. Per queste zone si prospettano possibili amplificazioni litologiche e geometriche.

Per queste aree il Fattore d'amplificazione (FA), da definirsi con uno studio di secondo livello, deve rientrare per il comune di Settimo Milanese nei seguenti limiti per terreni di tipo C:

valore di soglia per un periodo compreso tra 0,1 e 0,5 sec:

1,9

valore di soglia per un periodo compreso tra 0,5 e 1,5 sec:

2,4

Si ricorda che uno studio di secondo livello prevede una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica individuando quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione

sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione Fa calcolato è superiore al valore Fa di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano. In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di terzo livello, oppure usare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

6.1. ANALISI DI SECONDO LIVELLO

6.1.1. Profilo Sismico di Riferimento

Di seguito si riporta il profilo elaborato della MASW eseguita nel 2018 con la quale si è calcolato il Fattore d'amplificazione (si ricorda che qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore ai 4 metri, per la scelta della curva si utilizza lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera lo spessore di 4 metri). Come indicato nella DGR IX/2616 non avendo raggiunto il substrato sismico (vs>800 m/sec) è stata determinata una linea di tendenza del vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine MASW, tale da raggiungere gli 800 m/sec.

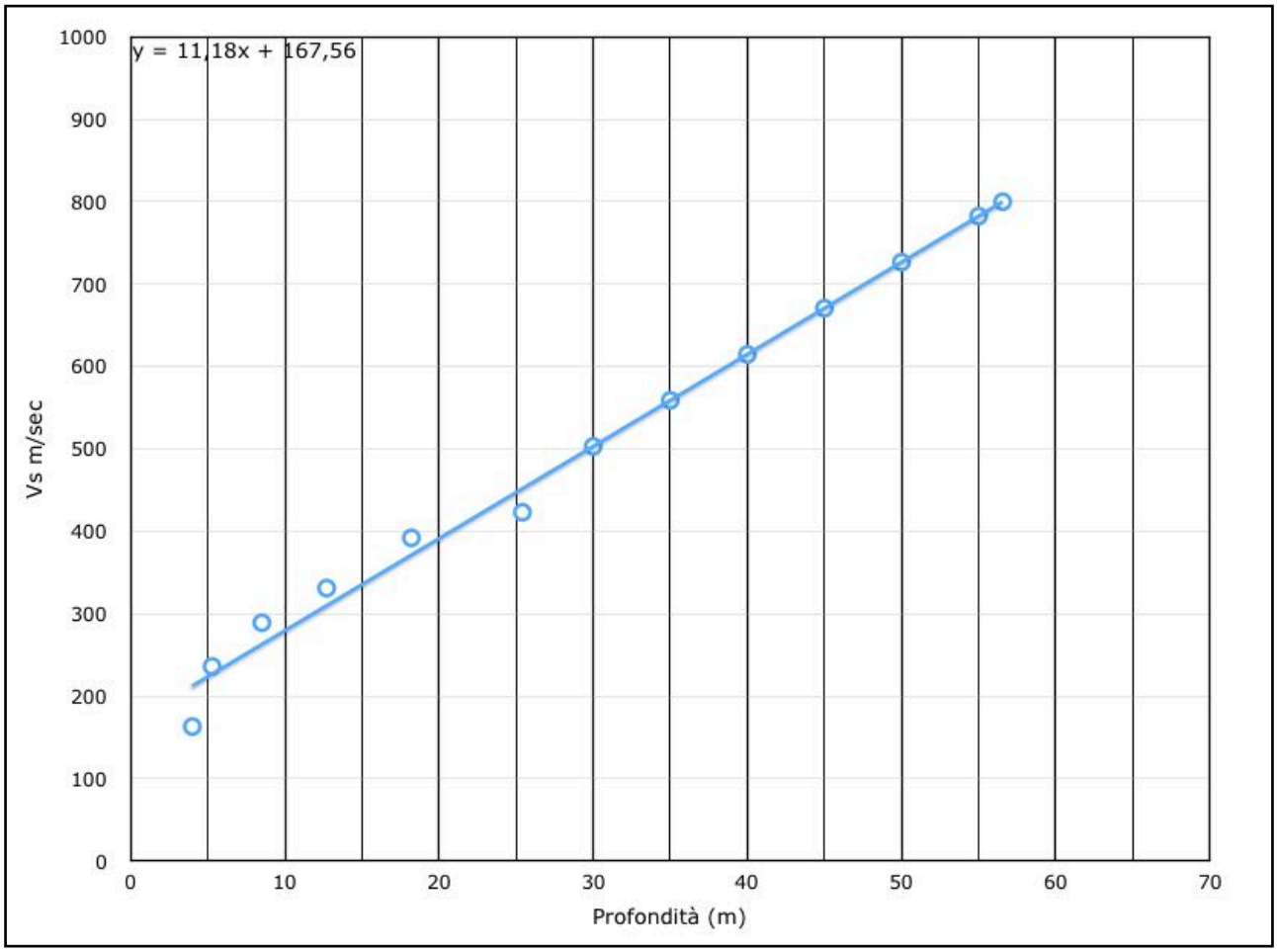


Fig. 12: Linea di tendenza delle Vs con la profondità

0.00 ÷ 4.00 m	Strato 1	Vs_{equ} 163 m/sec
4.00 ÷ 5,30 m	Strato 2	Vs_{equ} 236 m/sec
5,30 ÷ 8,50 m	Strato 3	Vs_{equ} 289 m/sec
8,50 ÷ 12,70 m	Strato 4	Vs_{equ} 331 m/sec

12,70 ÷ 18,20 m	Strato 5	Vs_{equ} 392 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 6	Vs_{equ} 423 m/sec
24,40 ÷ 30,00 m	Strato 7	Vs_{equ} 503 m/sec
12,70 ÷ 18,20 m	Strato 8	Vs_{equ} 559 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 9	Vs_{equ} 615 m/sec
24,40 ÷ 30,00 m	Strato 10	Vs_{equ} 671 m/sec
12,70 ÷ 18,20 m	Strato 11	Vs_{equ} 725 m/sec
18,20 ÷ 24,40 m	Strato 12	Vs_{equ} 782 m/sec

In rosso i valori estrapolati con l'equazione Y=11,18*X+167,56

6.1.2. Periodo Proprio di Sito

Il periodo proprio del sito T viene calcolato con la formula seguente considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o maggiore a 800 m/s.

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i * h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

Da cui T=0,44

6.1.3. Calcolo del Fattore d'Amplificazione

Il FA viene calcolato seguendo le metodologie della D.G.R. IX 2616/2011. Dall'andamento delle $V_{s,equ}$ con la profondità e considerando la natura stratigrafica dei terreni indagati per il calcolo del FA si è scelta la scheda sabbiosa con la curva 2 (Fig. 14).

Le verifiche della validità riguardo alla scelta di tale scheda, fatte in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità è riportata in Fig. 13

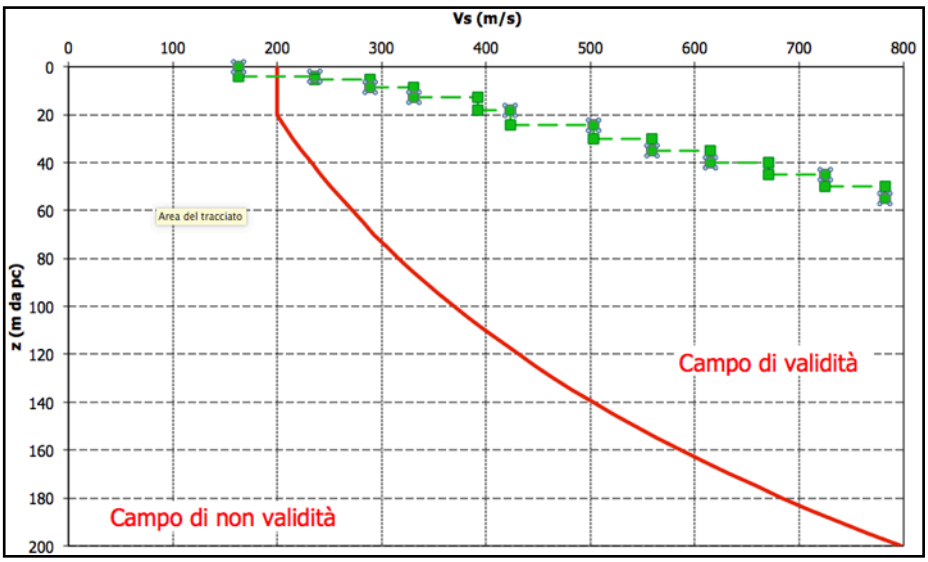


Fig. 13: Grafico della verifica di validità della scheda sabbiosa

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con D_{max} > 20 cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

ANDAMENTO DELLE Vs CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA

$$V_s = 171\, e^{0.0077\, Z}$$

ove
la sigla NA indica *Fa* = 1

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s

Vs < 300 m/s
Vs > 500 m/s

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \le T \le 0.50$	$0.50 < T \le 1.00$	$T > 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.21\,T^2 + 7.79\,T + 0.76$	$Fa_{0.5-1.0} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$Fa_{1.0-2.5} = 1.00$
2	$0.03 \le T \le 0.45$	$0.45 < T \le 0.80$	$T > 0.80$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.65\,T^2 + 5.44\,T + 0.84$	$Fa_{0.5-1.0} = 0.93 - 0.88 \ln T$	$Fa_{1.0-2.5} = 1.00$
3	$0.03 \le T \le 0.40$	$0.50 < T \le 0.55$	$T > 0.55$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.68\,T^2 + 4.77\,T + 0.86$	$Fa_{0.5-1.0} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$Fa_{1.0-2.5} = 1.00$

Curva		
1	$0.08 \le T \le 1.80$	
	$Fa_{0.5-1.0} = 0.57\,T^2 - 2.18\,T^2 + 2.38\,T + 0.81$	
2 3	$0.08 \le T < 0.80$	$0.80 \le T \le 1.80$
	$Fa_{0.5-1.0} = -6.11\,T^3 + 5.79\,T^2 + 0.44\,T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.0} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Fig. 14: Scheda sabbiosa (DGR 30 novembre 2011 - n. IX/2616).

Nella tabella seguente si riassumono i valori di FA calcolati:

	$T_{0,1-0,5}$	$T_{0,5-1,5}$
FAC	1,56	1,72

Considerando la tolleranza di +0,1, si osserva che per entrambi i periodi $T_{0,1-0,5}$ e $T_{0,5-1,5}$, la normativa nazionale è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ed è possibile quindi utilizzare la classe C.

7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA CON IL PGT

Per la verifica della compatibilità geologica e idrogeologica con il PGT comunale sono state analizzate la carta dei vincoli e la carta della Fattibilità geologica

7.1. CARTA DEI VINCOLI

Nel territorio del Comune di Settimo milanese sono vigenti i seguenti vincoli fisico-ambientali:

- Vincoli determinati nell'ambito del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA);
- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- Vincoli di polizia idraulica;
- Vincoli derivanti dal PTM:
  - Art. 50 – Corsi d'acqua
  - Art. 79 – Ciclo delle acque;
- Vincoli derivanti dal PTC Parco Agricolo Sud Milano;
- Ulteriori vincoli e limitazioni:
    - Pericolosità sismica locale
    - Aree dismesse/in trasformazione

Dalla figura 15 si evince che l'area di progetto è un area di ricarica per l'idrostruttura sotterranea superficiale (ISS) e viene considerata come zona di ricarica/scambio dell'idrostruttura sotterranea intermedia (ISI).

A riguardo si tenga conto di quanto prescritto dall'Art. 79 - Ciclo delle acque.

Il PTM individua alla Tavola 7 le zone idrogeologiche omogenee, con riferimento agli Elementi istruttori del Piano Cave 2019-2029 della Città metropolitana, adottato dal Consiglio metropolitano con deliberazione n.11 del 14 marzo 2019, e gli Ambiti di ricarica della falda del Piano di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia. Il territorio comunale di Settimo Milanese è caratterizzato da due zone idrologiche omogenee definite nella Tavola 7 del PTM: zona di ricarica/scambio dell'Idrostruttura sotterranea intermedia (ISI) e zona di ricarica dell'Idrostruttura sotterranea superficiale (ISS)

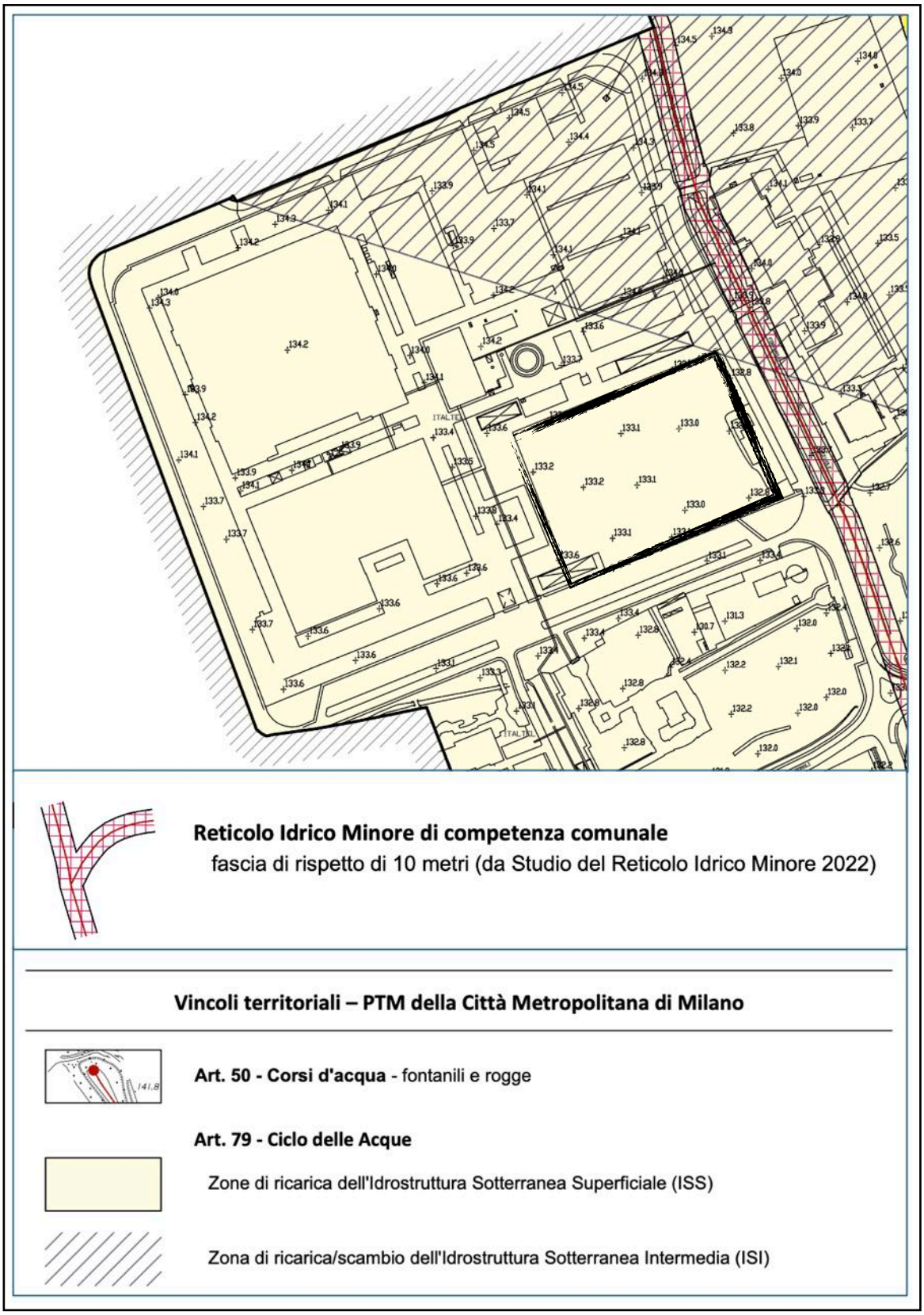


Fig. 15: Estratto dalla carta dei vincoli del PGT comunale

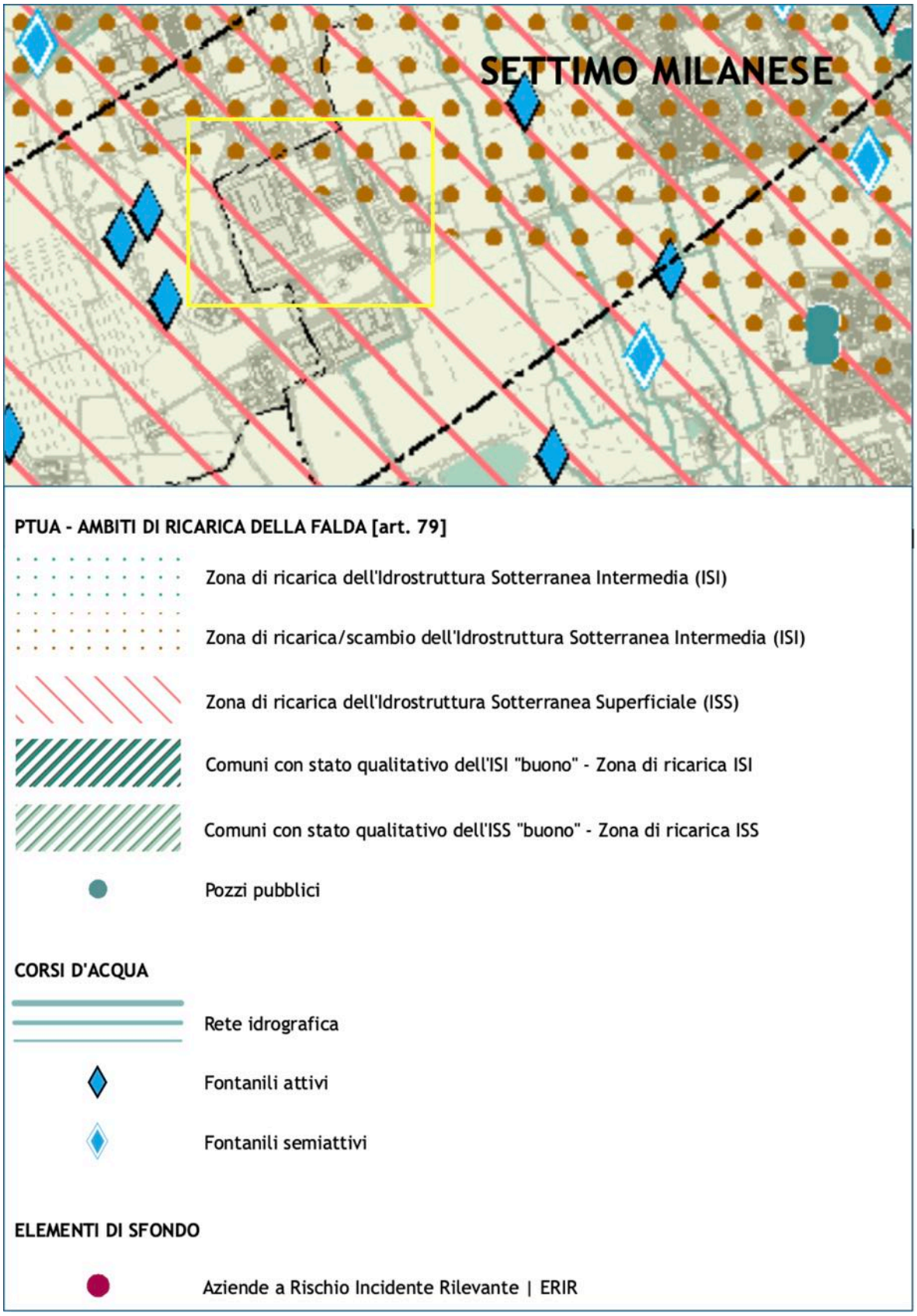
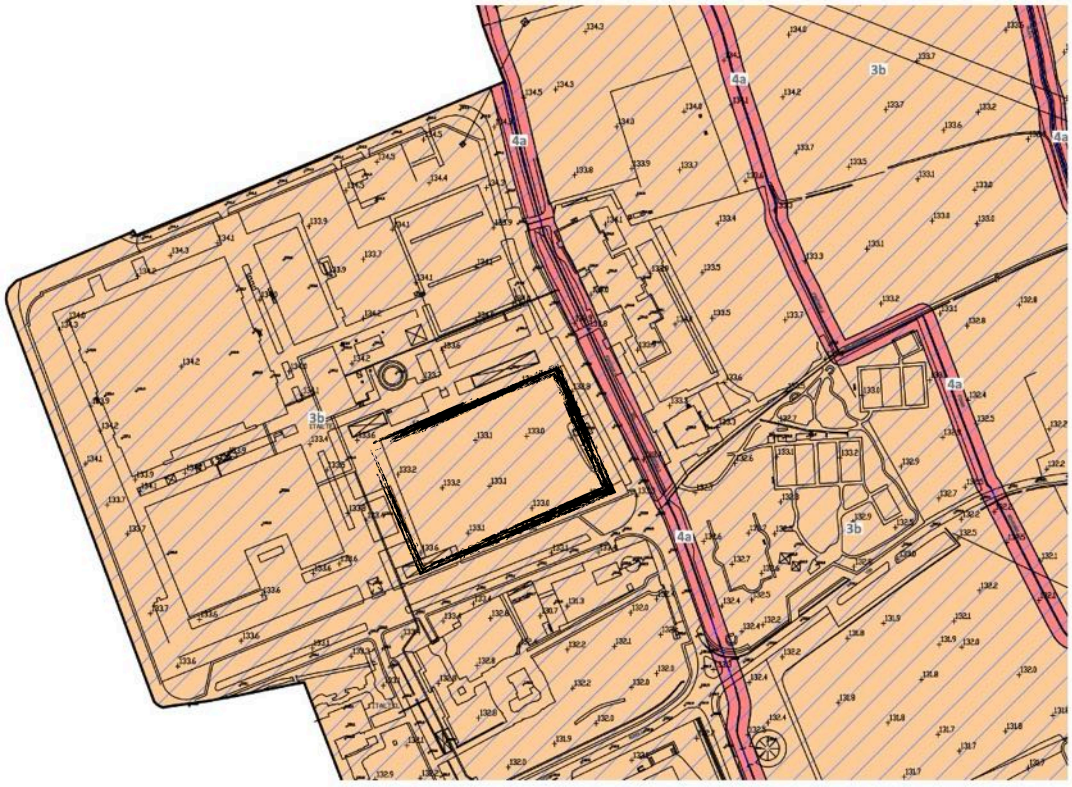


Fig. 16: Estratto dalla tav. 7 del PTM

7.2. CARTA DELLA FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO

Dalla carta di Fig. 17 è possibile osservare che l'area di progetto ricade in classe di Fattibilità 3b ovvero classe con consistenti limitazioni alle variazioni di destinazione d'uso del suolo per soggiacenza della falda mediamente inferiore a 4,00 m dal p.c.



Classe 3 (ARANCIONE) - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

3a Settori con primo sottosuolo poco addensato fino a 3 metri

3b Settori con soggiacenza della falda mediamente inferiore a 4.00 m dal p.c.

3c Aree scavate e/o parzialmente riempite ed aree oggetto di escavazione

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI	CLASSE DI PERICOLOSITÀ SISMICA
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	Cedimenti	H2 - livello di approfondimento 3°
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 - livello di approfondimento 2°

Fig. 17: Estratto dalla carta di Fattibilità geologica del PGT comunale

Per le aree ricadenti in questa classe, l'edificabilità può comunque essere generalmente attuata con l'adozione di normali accorgimenti costruttivi e/o di preventiva salvaguardia idrogeologica o geotecnica, opportunamente dimensionati sulla base delle risultanze di indagini geognostiche, idrogeologiche e geotecniche

puntuali che dovranno valutare puntualmente le condizioni limitative caratteristiche di questa classe.

In questa classe di fattibilità, preliminarmente ad ogni intervento edificatorio, dovranno essere eseguiti studi che, oltre ottemperare a quanto richiesto in merito dal D.M. 17 gennaio 2018, dovranno essere finalizzati alla definizione della profondità, morfologia e consistenza del substrato di fondazione, previa esecuzione di idonee indagini geognostiche (quali sondaggi e prove penetrometriche).

Le indagini geologiche e geotecniche dovranno in ogni caso consentire la definizione della locale situazione idrogeologica e dei parametri geomeccanici caratteristici, da utilizzare per il corretto dimensionamento delle strutture fondazioni, con verifiche geotecniche finalizzate al calcolo della capacità portante e dei cedimenti in relazione ai carichi di progetto e dall'analisi dei fenomeni di stabilità dei versanti.

8. INDAGINI DI SITO E DI LABORATORIO

Nel 2018, a supporto del progetto per il nuovo Data Center Building 1 e 2, sono state eseguite indagini di sito e di laboratorio integrate da nuove indagini di sito eseguite nel 2019. Dalla fig. 17 è possibile osservare come queste indagini siano funzionali anche per la progettazione del Building 3. Da ultimo, a queste due prime fasi d'indagini, si è aggiunta una terza eseguita nel maggio del 2020.

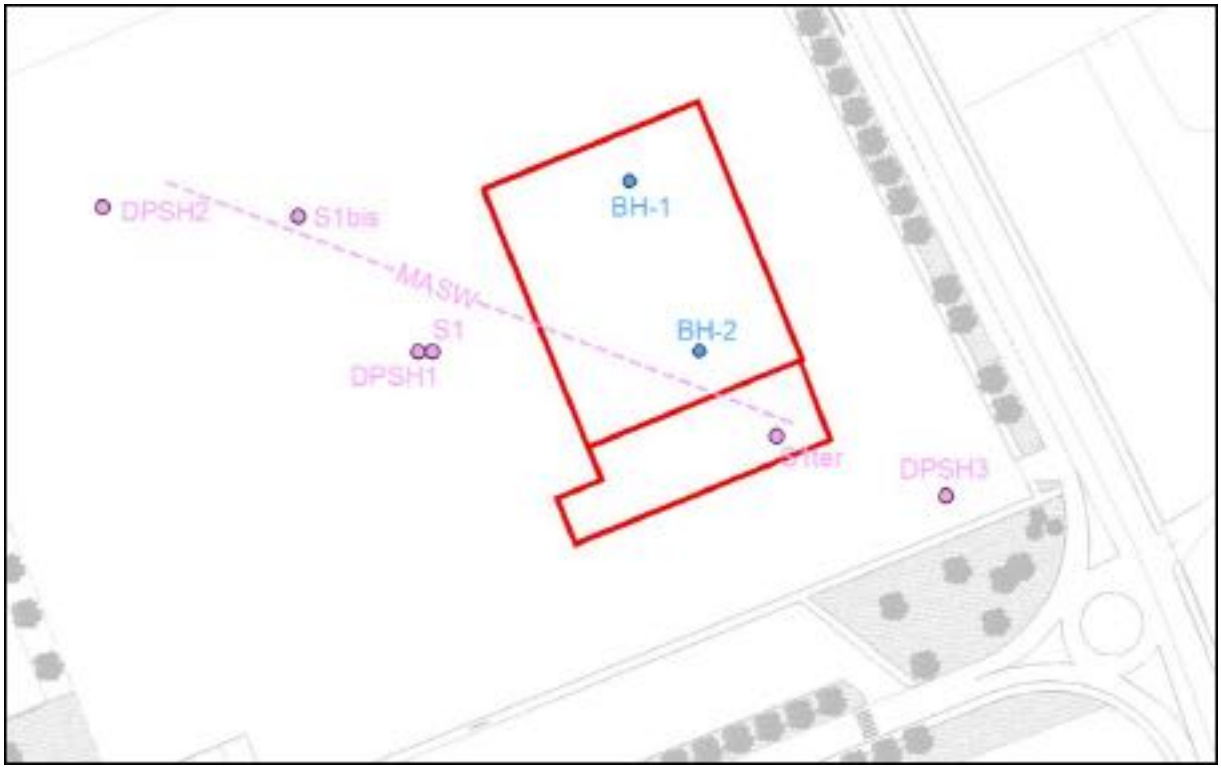


Fig. 18: Ubicazione delle indagini di sito eseguite nel 2018 e 2019

8.1. INDAGINI DI SITO E LABORATORIO 2018

Eseguite dalla MGS Srls si sono composte delle seguenti attività:

8.1.1. Indagini di Sito

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 che ha raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, a diverse profondità, venti prove penetrometriche dinamiche SPT e sono stati

prelevati 10 campioni di terreno rimaneggiato per l'esecuzione delle prove di laboratorio. Al termine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con un piezometro del tipo tubo aperto fino ad una profondità di 20 metri.

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, denominati S1bis e S1ter che raggiunti i 5 metri di profondità hanno verificato la natura litostratigrafica dei primi metri di profondità dei terreni di fondazione;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo SCPT che hanno raggiunto la profondità di 20 metri dal p.c.;
- n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo delle V_{sequ};

8.1.2. Indagini di Laboratorio

- N. 10 Analisi granulometriche per setacciatura umida (Gr);
- N. 5 Analisi granulometriche per sedimentazione (Sed);
- N. 5 Determinazione dei limiti di Atterberg (limiti LL-LP);
- N. 1 Prova di compressione edometrica (Edo)

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla MGS S.r.l.s. e presente in Allegato A della presente relazione.

8.2. INDAGINI DI SITO 2019

Eseguite dalla Geoser Srl si sono composte delle seguenti attività:

8.2.1. Indagini di Sito

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo denominati BH-1 e BH-2 che hanno raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, ad intervalli di 1,5 m, quaranta prove penetrometriche dinamiche SPT.

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla Geoser S.r.l.

8.3. INDAGINI DI SITO 2020

Eseguite dalla Geoser Srl si sono composte delle seguenti attività:

8.3.1. Indagini di Sito

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 che ha raggiunto una profondità di 30 m dal p.c. Nel corso della perforazione sono state eseguite, ad intervalli di 1,5 m, venti prove penetrometriche dinamiche SPT.
- n. 1 indagine sismica MASW per la definizione del profilo delle V_{sequ};

Per una descrizione delle attrezzature impiegate, delle metodologie eseguite e dei risultati ottenuti si rimanda al citato Rapporto tecnico emesso dalla Geoser S.r.l. e presente in Allegato B della presente relazione.

9. PROFILO LITOSTRATIGRAFICO

L'analisi dei risultati delle indagini di sito e laboratorio restituisce il seguente profilo stratigrafico di riferimento a partire da uno zero che corrisponde alla quota di 135,00 m slm:

<u>*Riporto*</u>: in tutti i sondaggi è stata riscontrata la presenza di terreni di riporto con profondità variabili tra un minimo di circa 2.00m ed un massimo di circa 4.50m dal

p.c. locale attuale. Detto terreno è costituito da sabbia medio-fine di colore grigio-nocciola con ghiaia e ciottoli sparsi (presenza di laterizi). Più nello specifico si può notare che nei sondaggi S1-S1bis e S1ter (eseguiti nella campagna del 2018 al di fuori dall'impronta dell'edificio) è stata anche rilevata la presenza di un livello di argilla limosa debolmente sabbiosa e torbosa poco consistente di colore grigio scuro inglobante laterizi probabilmente riconducibile al suolo vegetale inizialmente rimosso e successivamente riportato sul fondo dello scavo;

Ghiaia e sabbia: fino a 11÷12 m di profondità dal p.c. locale (esclusi riporti) si riscontra la presenza di sabbia media e grossa con ghiaia grossolana e rari ciottoli (diametro max. 30÷35mm) localmente limosa di colore grigio-nocciola. Lo stato di addensamento è modesto fino a circa 6m di profondità dal p.c. locale.

Sabbia fine con livelli limosi e passaggi ghiaiosi: oltre i 13÷14 m di profondità dal p.c. locale e fino alle massime profondità indagate (30 m) si riscontra la presenza di alternanze ghiaia e di sabbia da fine a media con passaggi decisamente più limosi nella fascia compresa tra 17.00 e 20.00 m dal p.c. locale nonché di un livello francamente argilloso tra 12 e 14m circa (vedere oltre). Il colore è generalmente nocciola e si riscontra la presenza di rari ciottoli arrotondati.

Limo argilloso: a profondità comprese nella fascia tra 12 a 14 m circa di profondità dal p.c. locale si incontra un livello di argilla limosa consistente (PP=1.8 kg/cm^2) di colore variabile dal nocciola al grigio- azzurro e di spessore variabile tra 1 e 3m.

10.LIVELLO PIEZOMETRICO

Come anticipato nel sondaggio S1 (MGS Srls - 2018) è stato installato un piezometro del tipo tubo aperto fino ad una profondità di 20,00 m dal p.c..

La lettura piezometrica di zero, indicata nel modulo stratigrafico, segnala una soggiacenza di 3,40 m dal p.c. con una quota assoluta della falda di 129,70 m slm considerando la quota CTR del pc corrispondente a 133,10 m slm.

Una seconda lettura in data 28.03.2019 individua la soggiacenza del primo acquifero a 4,50 m dal p.c.

Tale acquifero corrisponde alla prima falda contenuta nelle serie fluvioglaciali sabbiose limose ghiaiose.

11.VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa esclude il pericolo di liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda maggiore di 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituite da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N1_{60}$ > 30 oppure $qc1_N$ > 180, dove $N1_{60}$ è il valore della resistenza determinata da prove SPT normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa e dove $qc1_N$ è il valore della resistenza determinata da prove CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 19 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc< 3,5 ed in Figura 19(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

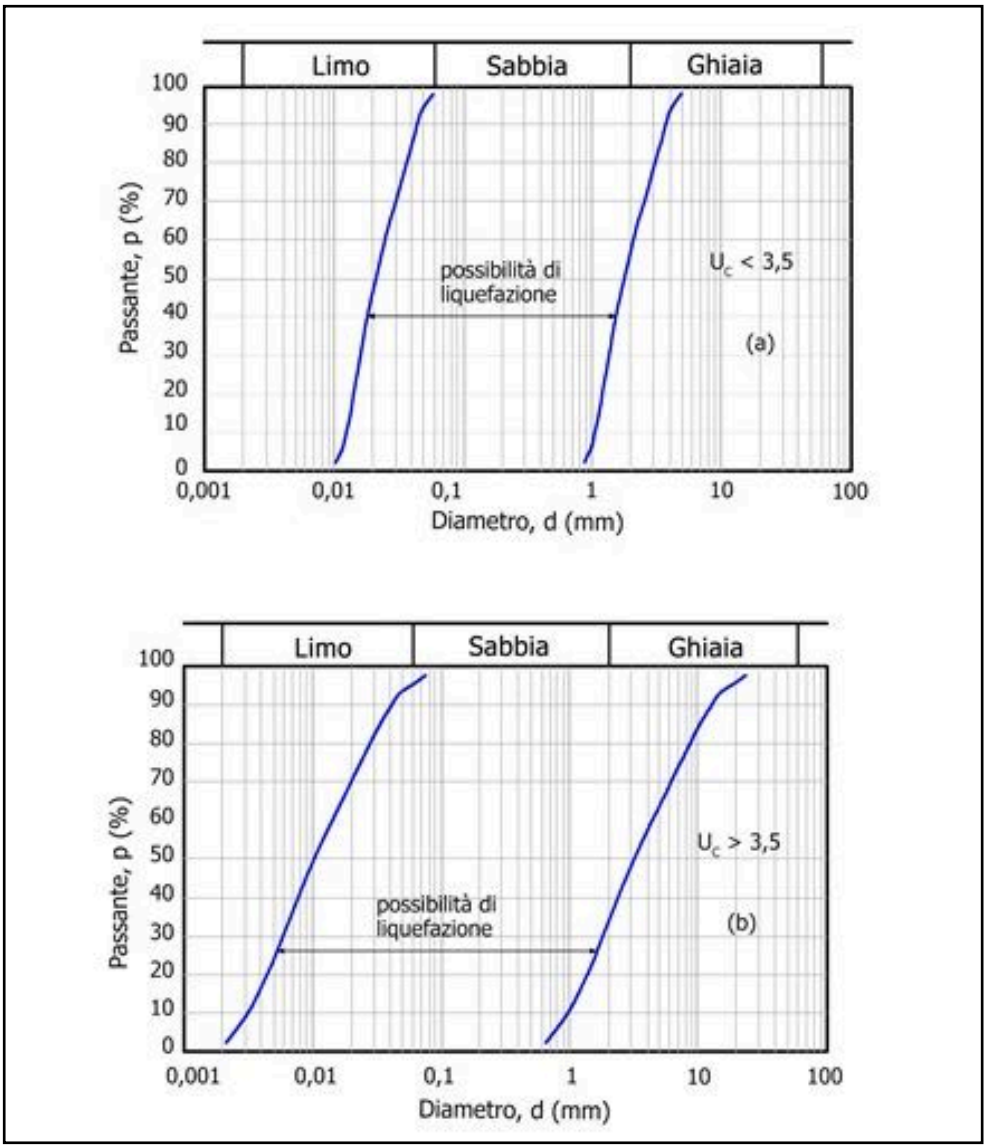


Fig. 19: fusi granulometrici

Considerando che la D.g.r. Lombardia 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) indica per il comune di Settimo Milanese una ag_{max} di 0,044794g inferiore al valore di 0,1g indicato dalle NTC 2018 la verifica alla liquefazione viene omessa.

12.CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

12.1. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Di seguito si riassumono i principali parametri geotecnici caratteristici così come indicati nella relazione geotecnica edita da Ingegneri Consulenti Srl a supporto della progettazione dell'edificio Building 1 ML5:

Riporti:

verranno integralmente asportati in fase di scavo per la realizzazione delle fondazioni;

Ghiaia e sabbia fino a 6÷7m circa dal p.c. locale (esclusi riporti)

γ peso di volume:	18÷19 kN/m^3
D_R densità relativa:	30÷40 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	10÷15 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Ghiaia e sabbia da 6÷7 m a 11÷12 m circa dal p.c. locale

γ peso di volume:	18÷19 kN/m^3
D_R densità relativa:	40÷50 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	35÷40 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Sabbia fine e media limosa da 13÷14 m a 25÷26 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	50÷60 %
ϕ'_{cv}:	30÷32 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	70÷80 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Argilla limosa tra 12 e 14 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	20 kN/m^3
c_u resistenza al taglio non drenata:	80÷100 kPa
ϕ':	26÷28 °
c' coesione efficace:	0÷5 kPa
E_u modulo elastico i:	35÷45 MPa
M modulo edometrico (confinato drenato)	8÷10 MPa

Sabbia fine e media oltre 25÷26 m a 27÷28 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	40 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	45÷50 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

Sabbia fine e media oltre 27÷28 m dal p.c. locale

γ peso di volume:	19÷20 kN/m^3
D_R densità relativa:	60÷70 %
ϕ'_{cv}:	32÷34 °
c' coesione efficace:	0,00 kPa
$E'_{(0.01\%)}$ = modulo elastico per platee e pali:	100÷120 MPa
ν' = coefficiente di Poisson.	0.25÷0.30

12.2. LIVELLO DI FALDA

Come già indicato la lettura di zero nel piezometro installato segnalava una soggiacenza di 3,40 m dal p.c.

Di seguito le tre letture eseguite nei mesi successivi:

28 marzo 2019 4,50 m dal p.c.

18 aprile 2019 4,60 m dal p.c.

30 maggio 2019 3,45 m dal p.c.

Tale acquifero corrisponde alla prima falda contenuta nelle serie fluvioglaciali sabbiose limose ghiaiose.

Arnaldo Zanchi Geologo

ALLEGATO A

SETTIMO MILANESE - MILANO

INDAGINE GEOTECNICA E SISMICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.

Rapporto tecnico-descrittivo

Data	Protocollo	Redatto da:	Verificato da:
Agosto 2018	BG/21	Dott. G. Prisinzano	MGS S.R.L.S. Via Roma, 17 - 24050 ZANICA (BG) C.F. e P. IVA 03951900160 REA 422772

1. INTRODUZIONE 3

2. DESCRIZIONE DEI LAVORI ESEGUITI 3

3. SONDAGGI 4

3.1 ATTREZZATURE E MODALITA' ESECUTIVE 4

3.1.1 Carotaggio 5

3.1.2 Prelievo di campioni rimaneggiati 5

3.1.3 Prove SPT (Standard Penetration Test) 5

3.2 STRUMENTAZIONE GEOTECNICA 6

3.2.1. Installazione del piezometro a tubo aperto e attivazione 6

4 ELABORAZIONE DEI DATI 6

4.1 Modalità di presentazione delle stratigrafie geotecniche di dettaglio 6

4.2 Descrizione dei terreni 7

4.3 Modalità di presentazione della documentazione fotografica 12

5. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH) 12

5.1. Descrizione dell'attrezzatura impiegata 12

5.2. Metodologia di lavoro seguita 12

6. PROVA GEOFISICA MASW 13

6.1. Indagine Masw 13

6.2. Profilo delle velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo secondo il d.m. 17.01.2018. 15

6.3. Risultati dell'analisi. 17

7. PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO 22

7.1. Prove geotecniche 22

7.2 Programma di prova 22

7.3 Presentazione di risultati 22

ALLEGATI:

Allegato A: ubicazione delle verticali d'indagine

Allegato B: moduli stratigrafici S1-S1bis-S1ter - Foto delle cassette catalogatrici

Allegato C: elaborati prove DPSH

Allegato D: risultati prove di laboratorio

1. INTRODUZIONE

MGS S.r.l.s ha eseguito, per ordine e conto della società WiP S.r.l. una campagna di indagini geotecniche e geofisiche nel Comune di Settimo Milanese (MI) in via Reiss.

Scopo del presente rapporto è quello di elencare le attività svolte, le attrezzature impiegate, descrivere le procedure adottate durante le fasi di lavorazione e presentare gli elaborati delle prove di sito e di laboratorio.

2. DESCRIZIONE DEI LAVORI ESEGUITI

Le attività eseguite nel periodo compreso tra il 7/8/2018 e il 9/9/2018 sono le seguenti:

- n. 1 sondaggio geognostico, denominato **S1**, con carotaggio continuo ad andamento verticale che ha raggiunto la profondità di 30 m da p.c.
- Esecuzione di n. 20 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio.
- Prelievo di n. 10 campioni "rimaneggiati" prelevati dalle carote a quote prefissate.
- Fornitura e confezionamento di n. 6 cassette catalogatrici
- N. 2 perforazione denominata S1bis e S1ter eseguite a carotaggio continuo che hanno raggiunto la di 5 metri circa da p.c.
- Fornitura e confezionamento di n. 8 cassette catalogatrici
- Installazione di mt 20 di tubo piezometrico nel foro S1
- Prove di caratterizzazione geotecnica eseguite in laboratorio sui campioni di terreno.
- Esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH)Che hanno raggiunto la profondità di circa 20 metri da p.c.
- Esecuzione di n. 1 stendimento sismico tipo Masw

Per l'ubicazione delle indagini (puramente indicativa) vedi allegato A

3. SONDAGGI

3.1 ATTREZZATURE E MODALITA' ESECUTIVE

Le perforazioni sono state eseguite utilizzando l'unità di perforazione Mc80Ve montata su carro cingolato semovente.

UNITA' DI PERFORAZIONE TIPO Mc80Ve

- *Testa di rotazione*
  velocità di rotazione: max 600 giri/minuto;
  coppia di rotazione: 1000 kg x m;
  spinta max. 7.000 kg;
  trazione max 7.000 kg;

- *Motore* diesel;

- *Argano*:
  trazione massima 2000 kg.

- *Corsa di avanzamento della testa* 3500 mm;

- *Traslazione laterale della testa* 80 mm;

- *Pompa di circolazione fanghi:*
  Triplex PFT 200 l/min.

Di seguito sono elencate le principali attrezzature di perforazione:

- Aste di perforazione in acciaio:
  ø esterno 76 mm - ø interno raccordo 30 mm
  lunghezza 500, 1000, 1500, 3000 mm.

- Rivestimenti:
  ø esterno 127 mm.

- Carotieri:
  carotiere semplice lunghezza 1500 e 3000 mm, ø esterno 101/131 mm, con diametro utile della carota prelevata pari a 83/110 mm.

- Corone tipo incastonato con prismi in Widia.

- StandardPenetrationTest:
  Batteria di aste ø = 50 mm, lunghezza 500, 1000, 1500, 3000 mm.
  Campionatore a pareti grosse tipo Raymond, ø est. 50.8 mm, ø int. 35 mm e lunghezza 530 mm
  Maglio con massa battente di 63.5 ± 0.5 kg .

3.1.1 Carotaggio

Il metodo di perforazione adottato è stato quello convenzionale a rotazione (sistema tradizionale ad aste) a carotaggio continuo con carotiere semplice, operando senza fluido di perforazione "a secco" nell'attraversamento di terreni granulari.

Ad ogni manovra di perforazione a carotaggio, è seguita l'infissione a rotazione dei rivestimenti metallici provvisori a sostegno delle pareti del foro. L'infissione dei rivestimenti metallici è stata eseguita utilizzando acqua come fluido di perforazione.

Il materiale estratto dal carotiere è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici, munite di scomparti divisori e coperchio.
Le cassette catalogatrici, a fine lavori, sono state fotografate (Allegato B) impilate e collocate in prossimità dei punti d'indagine.

3.1.2 Prelievo di campioni rimaneggiati

Dalle cassette catalogatrici sono stati prelevati n. 10 spezzoni di carote di terreno e conservati in appositi sacchetti sigillati contrassegnati da etichette identificatici.

Le profondità di prelievo sono riportate nella scheda stratigrafiche in Allegato B.

3.1.3 Prove SPT (Standard Penetration Test)

Per le prove SPT è stata utilizzata una batteria di aste ϕ = 50 mm collegata ad un campionatore a pareti grosse tipo Raymond, apribile longitudinalmente, diametro esterno 50,8 mm, diametro interno 35 mm e lunghezza utile di 530 mm, dotato di valvola e, in base alla natura dei terreni , di punta conica o di scarpetta.
Il sistema di percussione è costituito da un maglio, avente massa battente di 63,5 ± 0,5 kg, che cade liberamente da un'altezza di 750 mm mediante un sistema di sgancio automatico.
La prova S.P.T. consiste nell'infiggere, a quote prefissate, il campionatore Raymond, posato in fondo al foro di sondaggio, registrando il numero dei colpi (N) di maglio necessari alla penetrazione di tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno. Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura SPT sono quelle standardizzate secondo la norma ASTM 1586/68. I risultati delle prove sono riportati nell'apposita colonna della scheda stratigrafiche dei sondaggi (Alleg. B).

3.2 STRUMENTAZIONE GEOTECNICA

Per il controllo del livello della falda nel tempo è stato installato nel foro denominato S1 un tubo piezometrico, atossico, in PVC pesante (diametro int. = 2”) fino alla profondità di m. 21 da p.c..

La scelta delle quote di installazione dei tubi e del tratto filtrante del piezometro è stata fatta tenendo conto delle caratteristiche litologiche del terreno e dalle indicazioni fornite dalla Committenza.

Il livello della falda misurato dopo l’installazione e la successiva pulizia “spurgo” del tubo piezometrico era di - 3,10 metri da p.c.

3.2.1. Installazione del piezometro a tubo aperto e attivazione

Ultimate le attività di perforazione si è proceduto all'installazione di un piezometro a tubo aperto in PVC pesante con diametro interno uguale a 3’’.
Il piezometro è costituito da spezzoni di tubo di 3 metri, cieco o micro fessurato, giuntati tra loro mediante manicotti.
Nella zona filtrante (da-3 m a -21m), l'intercapedine tra la parete del foro e il tubo micro fessurato, è stata riempita con ghiaietto siliceo (filtro) con diametro dei granuli compreso fra 3 e 5 mm.
La formazione del tappo impermeabile, è stata eseguita a quote prefissate, in corrispondenza della tubazione cieca, utilizzando bentonite in palline “compactonite”, con progressivo ritiro della tubazione metallica di rivestimento.
Al termine dell’installazione del tubo piezometrico, si è provveduto ad una accurata pulizia del piezometro “spurgo”. Ad operazioni concluse si è provveduto all’installazione di adeguato pozzetto metallico protettivo della testa del tubo piezometrico.

4. ELABORAZIONE DEI DATI

4.1 Modalità di presentazione delle stratigrafie geotecniche di dettaglio

Per il sondaggio eseguito è stata redatta una stratigrafia geotecnica di dettaglio. La stratigrafia è presentata su modulo (Allegato B) che riporta nella parte superiore le informazioni riguardanti l’identificazione del sondaggio, la quota del “boccaforo”, le date d’inizio e fine perforazione, il tipo di unità di perforazione impiegata, il nome dell’operatore e la strumentazione installata.
I moduli sono inoltre suddivisi in colonne, con riportate, in ordine di elencazione, le seguenti informazioni:

- metodo di perforazione;
- tipo di utensile;

- tipo corona;
- rivestimento con diametro esterno in millimetri;
- fluido di perforazione;
- falda rappresentata da una serie di righe orizzontali (simbolo grafico), con quota relativa alla profondità;
- profondità dal piano di campagna degli strati individuati;
- colonna stratigrafica con colore e rappresentazione grafica del terreno investigato;
- descrizione stratigrafica del terreno attraversato;
- percentuale di carotaggio rappresentata da una riga verticale segnata in corrispondenza del tratto di misura;
- pocket penetrometer: valori in kg/cm^2 ed intervallo di misura;
- campioni di terreno: numero progressivo ed intervallo di prelievo;
- SPT: numero di colpi per ogni tratto di prova e quote di inizio e fine di ciascuna prova e tipo di punta usata;
- note;
- tabella riepilogativa delle letture piezometriche eseguite durante la perforazione e/o nel piezometro.

4.2 Descrizione dei terreni

L'esame dei materiali contenuti nelle casse catalogatrici relative a ciascun sondaggio, ha comportato l'identificazione di intervalli della successione stratigrafica microscopicamente omogenei (strati) e la loro descrizione; in tale descrizione sono stati distinti i materiali predominanti e quelli subordinati.

Materiali predominanti

Dei materiali predominanti sono state descritte le caratteristiche riportate di seguito.

a) Natura del terreno, con riferimento alle dimensioni dei granuli costituenti e alle percentuali dei diversi tipi di materiali presenti, determinati visivamente, secondo lo schema di pagina seguente.

DENOMINAZIONE		DIAMETRO DEI GRANI (mm)
ARGILLA		< 0.002
LIMO		0.002 – 0.06
	fine	0.06 – 0.2
SABBIA	media	0.2 – 0.6
	grossa	0.6 – 2.0
	fine	2.0 – 6.0
GHIAIA	media	6.0 – 20
	grossa	20 – 60
CIOTTOLI		60 – 200
BLOCCHI		>200

E' stato quindi elencato per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nelle forme:

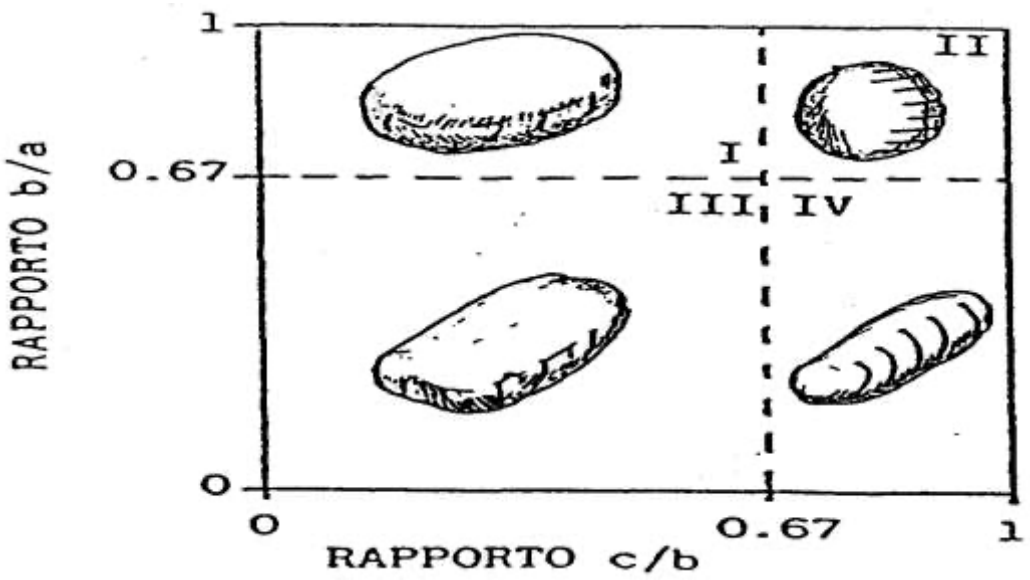
- preceduto dalla specificazione "con tracce di ...." se rappresenta una percentuale compresa tra l'1 e il 5%;
- preceduto da "debolmente: e seguito dal suffisso <oso>" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5 e il 10%;
- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10 e il 25%;
- preceduto dalla congiunzione "con" se rappresenta una percentuale compresa tra il 25 e il 50%.

b) Stato di addensamento, per materiali incoerenti, con riferimento alle correlazioni di Skempton (1986) con i risultati delle prove penetrometriche SPT e densità relativa, secondo lo schema seguente:

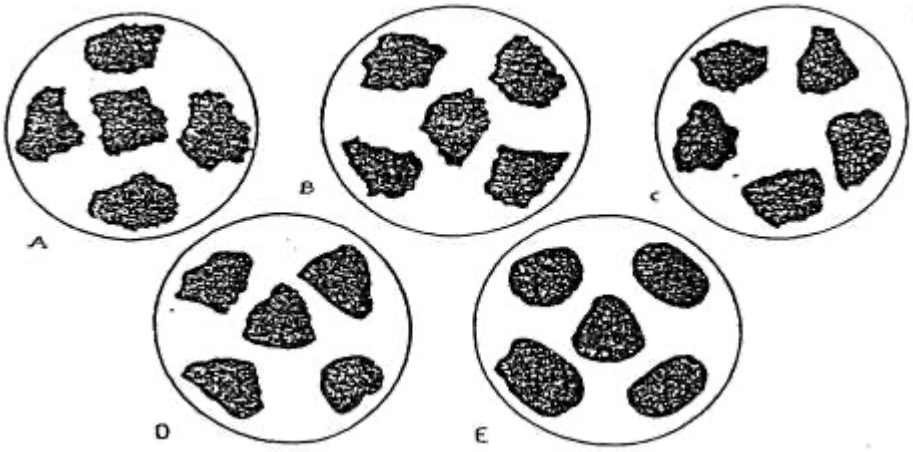
0	15	35	65	85	100
molto sciolta	sciolta	mediamente addensata	densa	molto densa	
0	3	8	25	42	50

NSPT

c) Forma (per la ghiaia e i ciottoli), utilizzando i termini: sferoidale (II), discoidale (I), lamellare (III), allungato (IV) secondo lo schema seguente (Gnaccolini, 1978) dove a, b, c, sono le dimensioni caratteristiche dei grani:



d) Grado di arrotondamento (per la ghiaia e i ciottoli), utilizzando i termini angolare (A), subangolare (B), subarrotondata (C), arrotondata (D,E) secondo lo schema seguente (Pettijjohn, 1949):



e) Dimensione (per la ghiaia e i ciottoli), indicando come tale quella dell'elemento di dimensione maggiore (Lmax) espressa in millimetri;

f) Colore fondamentale, tenendo presente che i materiali già essiccati dovranno essere inumiditi per ottenere una corretta definizione del colore;

g) Consistenza (per i materiali coesivi), desunta dai valori (Pp) rilevati con il penetrometro tascabile, sulla base delle seguenti indicazioni:

CONSISTENZA	VALORI DI Pp (Kg/cm^2)
Privo di consistenza	$Pp < 0.25$
Poco consistente o molle	$0.25 < Pp < 0.5$
Moderatamente consistente	$0.5 < Pp < 1.0$
Consistente	$1.0 < Pp < 2.0$
Molto consistente	$2.0 < Pp < 4.0$
Duro	$Pp < 4.0$

h) Struttura, cioè l'organizzazione macroscopica delle particelle costituenti il materiale, individuata quando evidente, con riferimento ai seguenti tipi:

- Struttura omogenea: consiste in materiale con organizzazione indifferenziata delle particelle.

- Struttura a livelli: consiste nella presenza di alternanze o successioni di livelli (intervalli della successione stratigrafica di spessore maggiore di 6 mm); viene descritta con la specificazione "in alternanze di livelli".

- Struttura laminata: consiste nella presenza di alternanze di laminazione (intervalli della successione stratigrafica di spessore inferiore a 6 mm); viene descritta con la specificazione "in alternanza di laminazioni" oppure con la dizione "laminata".

- Struttura caotica: è individuata da segni evidenti di rimescolamento legato a fenomeni naturali.

- Struttura scagliosa: è individuata dall'attitudine del materiale a sfaldarsi secondo "scaglie".
  Qualora non venga descritta alcuna struttura, il terreno sarà inteso a struttura omogenea.

i) Odore, se riscontrabile, viene descritto con i termini "terroso" o "organico" (fetido).

Materiali subordinati

Intervalli di materiali subordinati e differenti da quelli del materiale predominante dello strato vengono classificati come livelli, laminazioni, lenti, noduli e granuli. I termini "livelli" e "laminazioni" sono stati utilizzati per descrivere intervalli della successione stratigrafica di spessore rispettivamente superiore, inferiore/uguale a 6 mm, il termine "lente" utilizzato per descrivere materiali con geometrica lentiforme; i termini "noduli" e "granuli" utilizzati per descrivere locali aggregazioni di materiale con diametro rispettivamente superiore o inferiore/uguale a 2 mm.

Sono stati specificati e descritti i seguenti tipi di materiali subordinati:

- Materiali coesivi e/o granulari con caratteristiche differenti rispetto a quelle dello strato considerato;

- Materiali organici, distinguendo tra torba (materiale vegetale in variabile stato di decomposizione) e resti vegetali.
  Di questi vengono indicati la tessitura (fibrosa o amorfa a seconda che venga riconosciuto o meno il tessuto vegetale originale), la consistenza (compatta o spugnosa a seconda risulti o meno manipolabile), il colore e l'odore.

- Gusci di organismi, indicandone il colore e lo stato (integri o frantumati);

- Altri tipi di materiale.

Di ogni materiale subordinato viene indicato l'intervallo di profondità all'interno del quale esso è osservato. Nel caso sia presente in tutto lo strato considerato verrà utilizzato il termine "sparso".

Del materiale subordinato viene inoltre indicata la frequenza con gli aggettivi "raro", "qualche" e "frequenti".

4.3 Modalità di presentazione della documentazione fotografica

La documentazione fotografica, raccolta nell'Allegato B, espone le fotografie di ogni cassa catalogatrice relativa a ciascun sondaggio. Queste sono esposte su moduli riportanti informazioni generali (committente e cantiere) ed informazioni specifiche relative all'identificazione del sondaggio al numero della cassa ed alla profondità dei materiali in essa contenuti.

5. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

5.1. Descrizione dell'attrezzatura impiegata

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) è stato impiegato un penetrometro cingolato superpesante PAGANI TG 63-200 equipaggiato con attrezzatura relativa alla configurazione Meardi-AGI;

Massa del maglio	73	(Kg)
Altezza di caduta	0.75	(m)
Lunghezza delle aste	1.00	(m)
Massa delle aste	6.2	(kg/m)
Diametro est. Aste	32	(mm)
Diametro base punta conica	51	(mm)
Angolo apertura punta conica	60	(°)

5.2. Metodologia di lavoro seguita

La prova penetrometrica è stata eseguita seguendo le norme Meardi AGI modificate, utilizzando una attrezzatura standardizzata, descritta nel capitolo precedente, e considerando tratti d'avanzamento della punta di 30 cm.
La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari all'avanzamento nel terreno della punta per singoli tratti successivi di 30 cm. L'operazione viene ripetuta fino al raggiungimento della profondità massima di prova prevista o comunque fino a quando, dopo cento colpi, non è stato ottenuto un avanzamento di 30 cm. In questo ultimo caso si annotano i centimetri di avanzamento della punta ottenuti con i cento colpi battuti (rifiuto). I risultati della prova vengono restituiti in Allegato C

6. PROVA GEOFISICA MASW

(Stima della categoria sismica del terreno di fondazione)

6.1. Indagine Masw

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

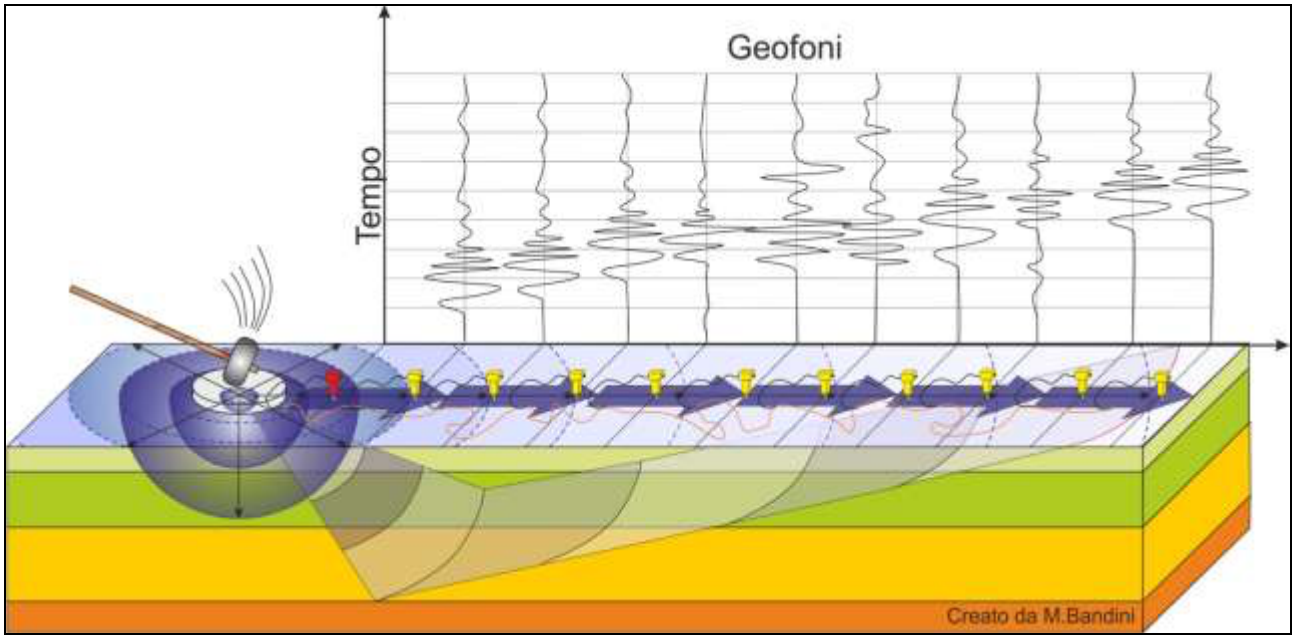


Fig.. schematizzazione stendimento sismico effettuato

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica utilizzata = 2 m)

2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo),

il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidezza degli strati).

Nel caso specifico è stata utilizzato il metodo attivo.

L'analisi delle onde superficiali di Rayleigh è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit. Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico.

Stazione sismografica di registrazione

Energizzatore

Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking n. 5 stack impostati per ogni array). La sorgente è stata posta ad una distanza di 4 m dal primo geofono effettuando due energizzazioni ai vertici opposti dello stendimento ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008, Dal Moro 2012), al fine di stabilire l'orizzontalità o meno degli strati indagati. La Strumentazione utilizzata per la prova MASW è un sismografo SUMMIT DMT. La frequenza di campionamento è stata 0,25 s e la durata di registrazione 2,45 s.
L'indagine con la metodologia MASW consente di ricostruire con un elevato dettaglio l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z); i modelli sismici monodimensionali costituiscono infatti la base di partenza per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica locale.

6.2. Profilo delle velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo secondo il d.m. 17.01.2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della **velocità equivalente** di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi	*spessore dell'i-esimo strato;*
VS,i	*velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;*
N	*numero di strati;*
H	*profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS ≥ 800 m/s.*

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.
Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.
Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla base del valore calcolato di VS30 vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Categoria sottosuolo	Descrizione	spessore	$V_{s,eq}$ (m/s)	
		m	da	a
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*	Qualsiasi	Qualsiasi	≥ 800
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente, compresi fra 360 m/s e 800 m/s.*	> 30 m	360	800
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/s.*	> 30 m	180	360
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 100 e 180 m/s.*	> 30 m	100	180
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*	Fino a 30 m	D	C

6.3. Risultati dell'analisi.

Riferimenti:

Committente:	*WiP S.r.l.*
Denominazione:	*Indagine sismica (Masw)*
Località:	*Settimo Milanese (MI)*
Data:	*06/09/2018*

I dati sperimentali sono stati trasferiti su PC e interpretati attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione SWAN version 1.4 della ditta Geostudi Astier. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

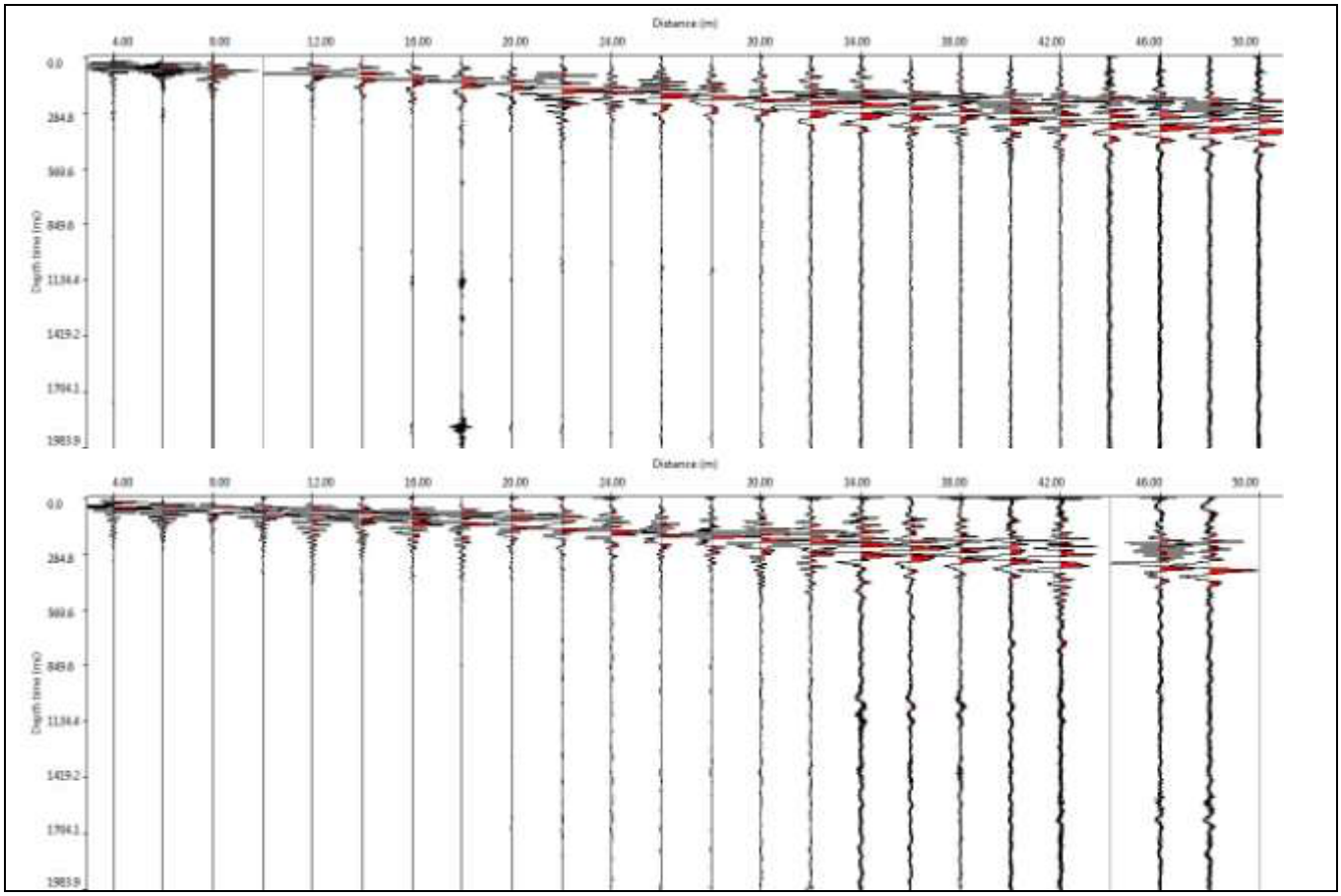


Fig. sismogrammi

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali. L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

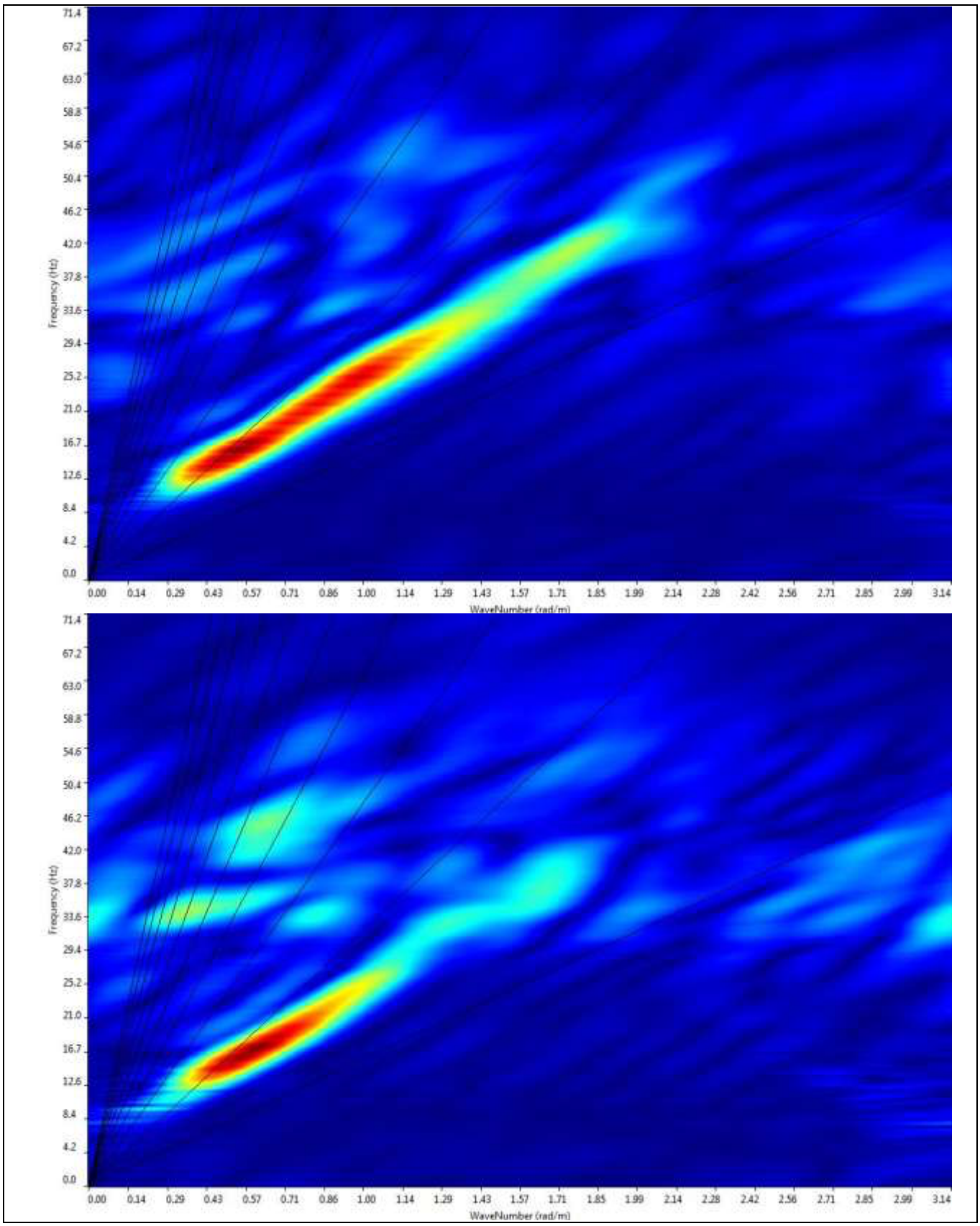


Fig.. curve di dispersione FK

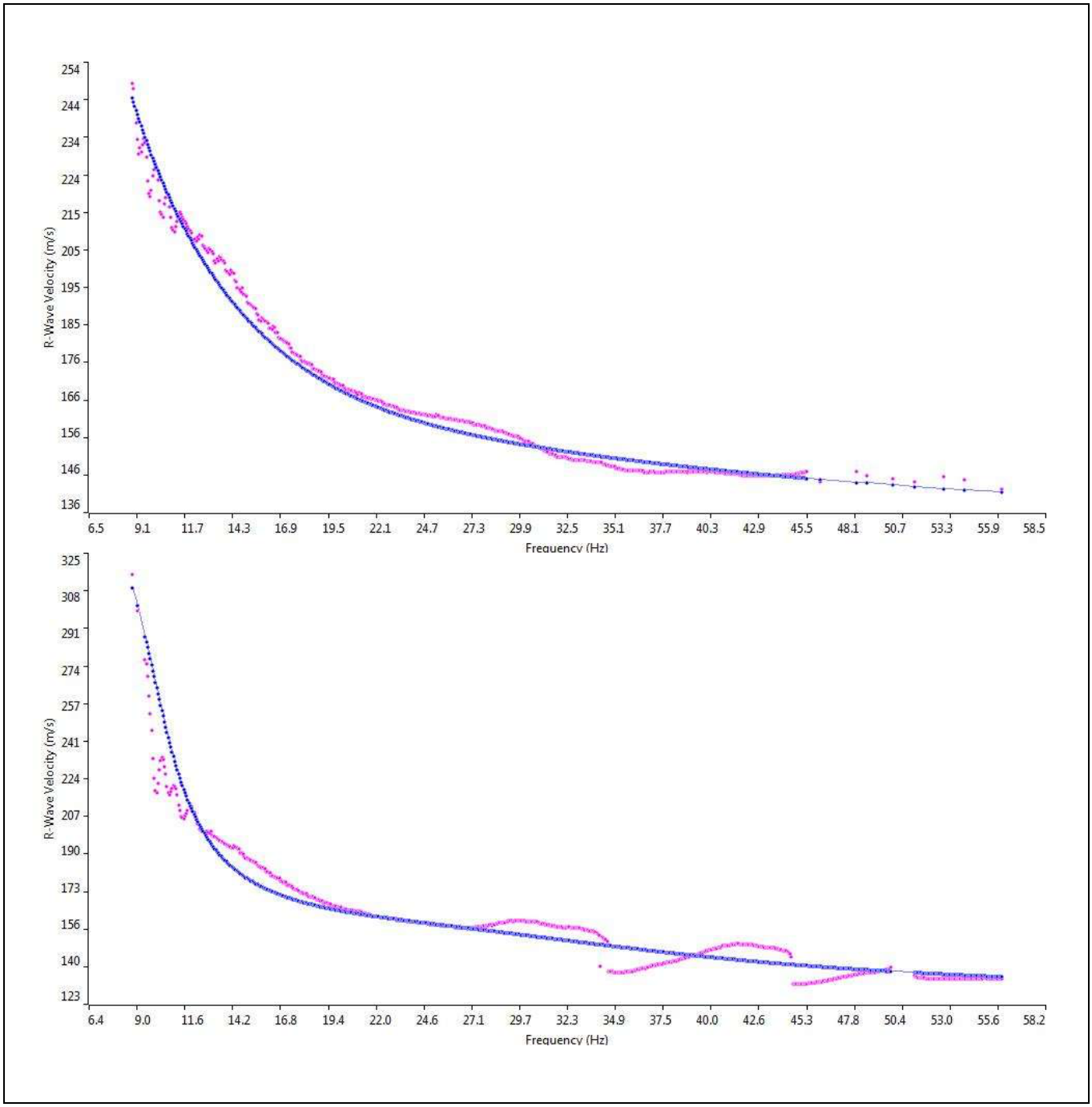


Fig. curve di fitting

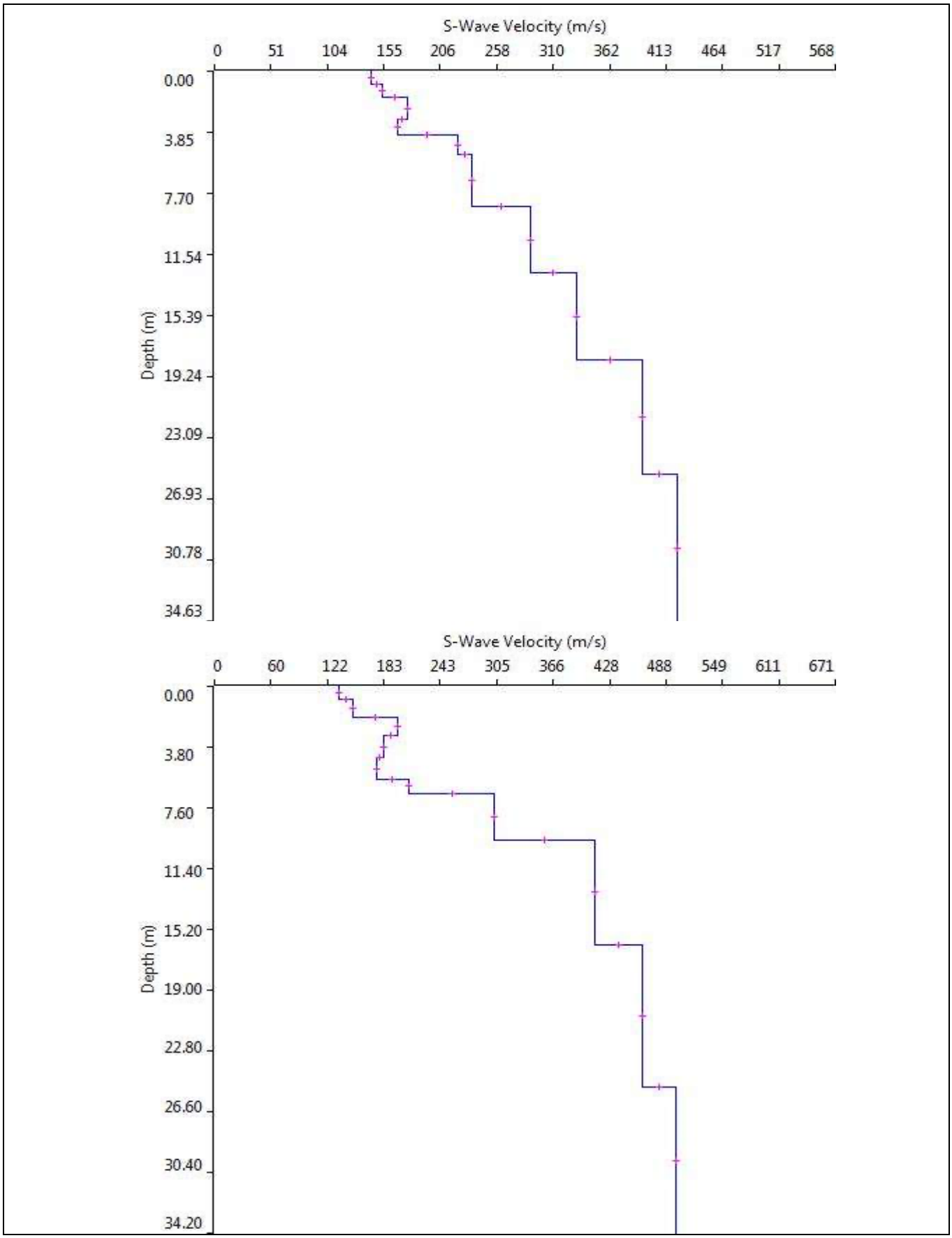


Fig. modello sismico monodimensionale del sottosuolo

Dall'inversione delle curve di dispersione si ottengono i modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, ciascuno rappresentativo dell'area investigata.

M.A.S.W. 1

strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	coef.Poisson	Density [t/mc]
1	0,80	0,00	143,00	286,00	0,33	1,80
2	0,85	0,80	154,00	308,00	0,33	1,80
3	1,40	1,65	177,00	354,00	0,33	1,80
4	0,93	3,05	167,00	334,00	0,33	1,80
5	1,30	3,97	222,00	444,00	0,33	1,80
6	3,23	5,28	236,00	472,00	0,33	1,80
7	4,20	8,51	289,00	578,00	0,33	1,80
8	5,50	12,71	331,00	662,00	0,33	1,80
9	7,20	18,21	392,00	783,00	0,33	1,80
10	INF.	25,41	423,00	845,00	0,33	1,80
Vseq[m/s]			287			

M.A.S.W. 1 inversa

strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	coef.Poisson	Density [t/mc]
1	0,80	0,00	135,00	270,00	0,33	1,80
2	1,10	0,80	150,00	300,00	0,33	1,80
3	1,20	1,90	198,00	396,00	0,33	1,80
4	1,37	3,10	183,00	366,00	0,33	1,80
5	1,33	4,48	175,00	350,00	0,33	1,80
6	0,88	5,80	210,00	420,00	0,33	1,80
7	2,91	6,68	303,00	606,00	0,33	1,80
8	6,60	9,59	411,00	821,00	0,33	1,80
9	8,90	16,19	463,00	925,00	0,33	1,80
10	INF.	25,09	498,00	995,00	0,33	1,80
Vseq[m/s]			321			

La teoria interpretativa del metodo sismico MASW fa riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi il profilo stratigrafico delle onde di taglio (Vs) ottenuto è da considerarsi un dato mediato, monodimensionale, riferito per convenzione al centro dello stendimento, che non tiene conto di eventuali eterogeneità laterali nelle caratteristiche elasto-dinamiche e della presenza di pendenze significative.

Il valore di Vseq pertanto, riferito al p.c., è risultato pari compreso tra 287 e 321 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018: il dato dell'ultimo strato è elaborato tenendo conto delle risultanze del MASW estese a 30 m da pc.

7. PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

7.1. Prove geotecniche

Le prove di laboratorio sono state eseguite con riferimento alle procedure tecniche interne, redatte sulla base delle norme ASTM ad AGI e tenendo conto degli sviluppi dello stato dell'arte.

In Tabella 1 è riportato l'elenco dei campioni disponibili e delle prove su di essi effettuate.

7.2 Programma di prova

Le attività di laboratorio hanno interessato 10 campioni prelevati dalla "carota" a quote prefissate, durante l'esecuzione del carotaggio. Il programma di prova adottato [Tabella 1], definito dalla Committenza, è stato finalizzato alla classificazione geotecnica dei terreni prelevati.
Sulla base di tale programma sono state pertanto eseguite, dove possibile, le seguenti prove su campioni rimaneggiati:

- *Analisi granulometriche per setacciatura umida (Gr);*
- *Analisi granulometriche per sedimentazione (Sed);*
- *Determinazione dei limiti di Atterberg (limiti LL-LP);*
- *Prova di compressione edometrica (Edo)*

7.3 Presentazione di risultati

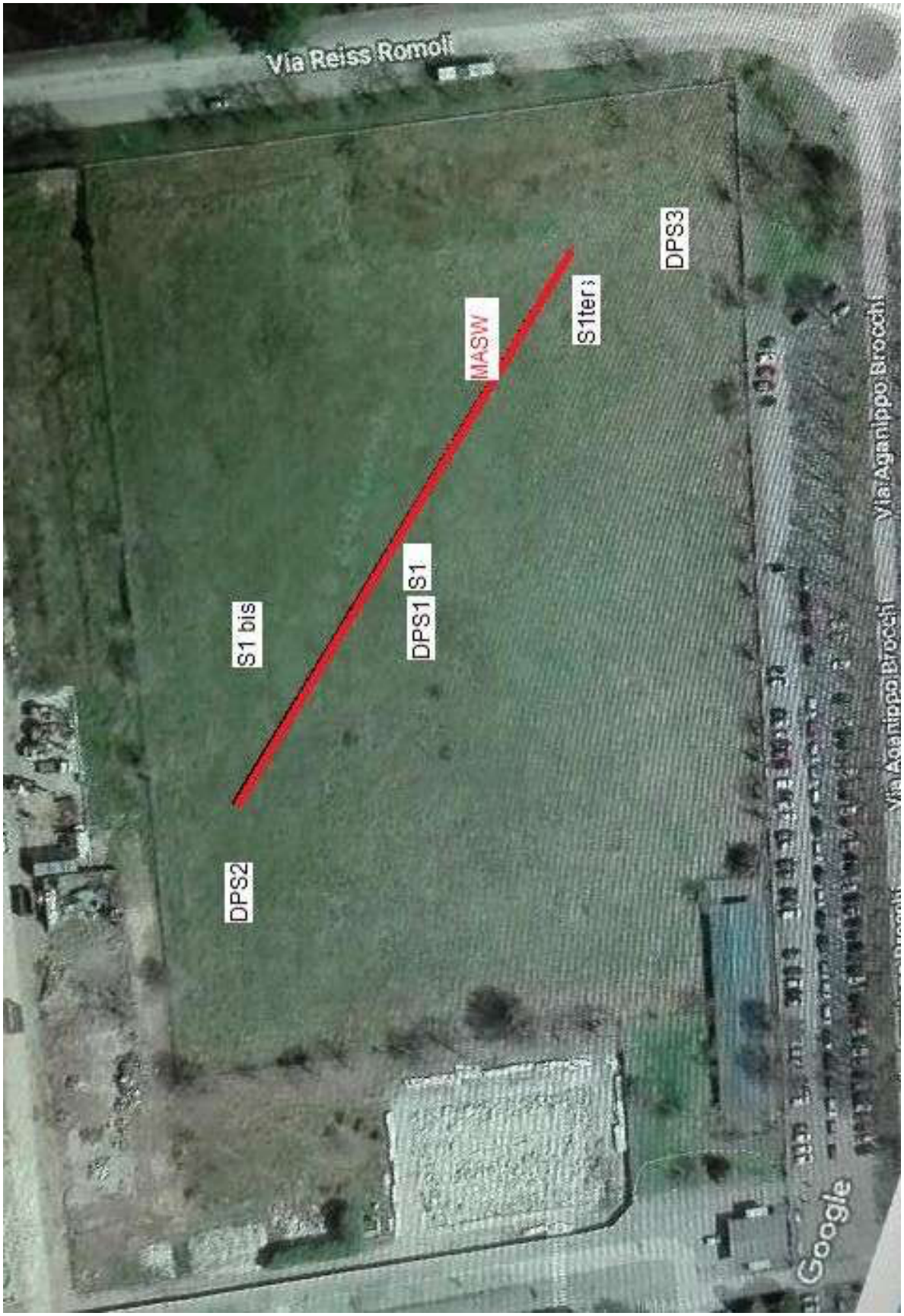
Tabella 1

SONDAGGIO	N° CAMP	PROFONDITA' (m)	TIPO DI PROVA			
			Gr	Sed	Limiti LL-LP	Edo.
S1	CR1	3.50 – 4.00	X			
S1	CR2	6.00 – 6.50	X			
S1	CR3	8.50 – 9.00	X			
S1	CR4	11.50 – 12.00	X			
S1	CR5	13.00 – 13.40	X	X	X	X
S1	CR6	16.50 - 17.00	X	X	X	
S1	CR7	19.50 – 20. 00	X	X	X	
S1	CR8	22.50 – 23.00	X	X	X	
S1	CR9	25.00 – 25.50	X			
S1	CR10	29.00 – 29.50	X	X	X	

I certificati delle prove di laboratorio in elenco sono presentati in Allegato D

Allegato A

Ubicazione delle indagini


Via Reiss Romoli
DPS2
S1 bis
DPS1
S1
MASW
S1ter
DPS3
Via Agostino Brocchi
Via Agostino Brocchi
Google

ALLEGATO B

S1-S1bis -S1ter

Documentazione fotografica

Moduli stratigrafici

TEKNOS

COMMITTENTE: WiP S.r.l.

CANTIERE: Settimo M.se via Reiss M.

COORDINATE: X= 0.00 Y= 0.00 QUOTA ASS. p.c. 0.00 m slm

TIPO ATTREZZATURA: Mc80Ve

DESCRIZIONE STRUMENTI
Installato tubo piezometrico in PVC pesante Diam. 2" fino a -21 metri da p.c.

DIREZIONE: ..

INCLINAZIONE: ..

OPERATORE: Sig. Giovanni Barone

RESPONSABILE: Dott. Giovanni Prisinzano

DATA INIZIO: 07/08/2018

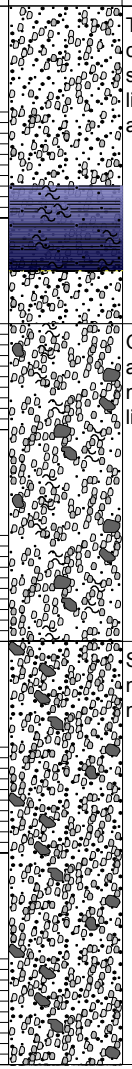
DATA FINE: 09/08/2018

PERFORAZIONE: S1

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI UTENSILE	TIPO DI CORONA	DIAMETRO RIVEST. (mm)	FLUIDO DI PERFORAZIONE	FALDA
ROTAZIONE	Carotiere semplice d. 101 mm	WIDIA	Diametro 127 mm	A SECCO	3.40 m

m da p.c: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

COLONNA STATIGRAFICA



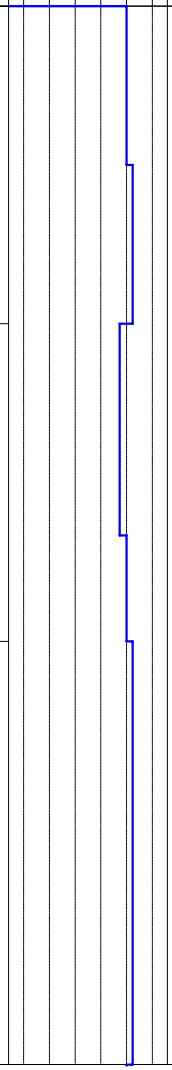
DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

Terreno di riporto costituito da sabbia media e fine, colore da nocciola a grigio, con ghiaia e ciottoli sparsi. Da m. 1.70 a m. 2.40 intercalazione di argilla limosa passante a limo sabbioso debolmente argilloso, torboso, colore grigio scuro,

Ghiaia, eterometrica, diam max 35mm, da arrotondata a sub arrotondata, in matrice sabbiosa, media e grossa, localmente debolmente limosa, colore nocciola. Ciottoli sparsi.

Sabbia fine e media, a tratti debolmente limosa, nocciola, con ghiaia subarrotondata diam max 30 mm. Rari ciottoli

CAROTAGGIO %



POKET PENT. kg/cm2

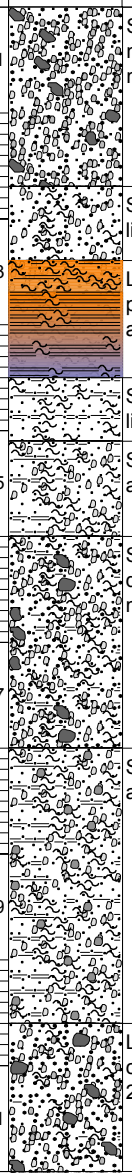
m da p.c	CAMPIONI RIMANEGGIATI	S.P.T. COLPI	S.P.T. PROF.	S.P.T. T. PUNTA
1				
2		3 3 4	1.50	AP
			1.95	
3			3.00	
4	3.50	3 4 4		AP
	1CR		3.45	
	4.00		4.50	
5		2 1 1		AP
			4.95	
6	6.00		6.00	
	2CR	2 4 6		AP
7	6.50		6.45	
			7.50	
8		8 9 15		AP
			7.95	
9	8.50			
	3CR		9.00	
	9.00	2 3 2		AP
10			9.45	

NOTE

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI UTENSILE	TIPO DI CORONA	DIAMETRO RIVEST. (mm)	FLUIDO DI PERFORAZIONE	FALDA
ROTAZIONE	Carotiere semplice d. 101 mm	WIDIA	Diametro 127 mm	A SECCO	

m da p.c: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

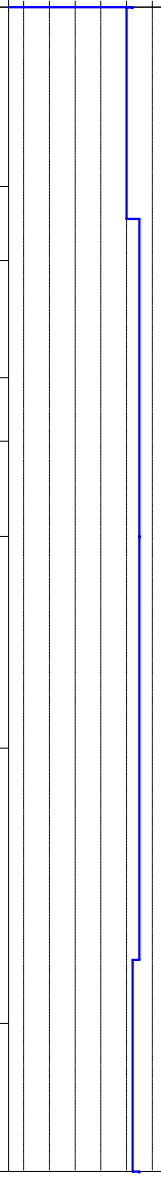
COLONNA STATIGRAFICA



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

- Sabbia fine e media, a tratti debolmente limosa, nocciola, con ghiaia subarrotondata diam max 30 mm. Rari ciottoli
- Sabbia media e fine, localmente debolmente limosa, nocciola.
- Limo argilloso debolmente sabbioso, nocciola, passante ad argilla debolmente limosa, grigia azzurra.
- Sabbia fine e media, debolmente limosa, localmente limosa, colore grigio azzurro..
- Sabbia fine e media, ocra, limosa, debolmente argillosa. Rara ghiaia fine
- Sabbia fine e media, grigia-nocciola, limosa, debolmente argillosa, inglobante ghiaia fine, diam. max 20 mm, rari ciottoli. Rari livelli ossidati.
- Sabbia fine, grigia-nocciola, limosa, localmente argillosa, inglobante rara ghiaia fine e rari ciottoli.
- Limo con sabbia fine, nocciola, debolmente argilloso con sparsa ghiaia fine subarrotondata diam max 20 mm. Rari ciottoli arrotondati.

CAROTAGGIO %



POKET PENT. kg/cm2: 12.40, 1.80, 13.60

m da p.c: 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

CAMPIONI RIMANEGGIATI: 11.50, 4CR, 12.00, 13.00, 5CR, 13.40, 16.50, 6CR, 17.00, 19.50, 7CR, 20.00

S.P.T.

COLPI	PROF.	T. PUNTA
6 4 6	10.50	AP
	10.95	
5 7 7	12.00	AP
	12.45	
8 14 9	15.00	AP
	15.45	
10 5 5	16.50	AP
	16.95	
10 15 19	18.00	AP
	18.45	
12 18 17	19.50	AP
	19.95	
14 15 18	21.00	

NOTE

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI UTENSILE	TIPO DI CORONA	DIAMETRO RIVEST. (mm)	FLUIDO DI PERFORAZIONE	FALDA	m da p.c	COLONNA STATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (0 20 40 60 80 100)	POKET PENT. kg/cm2	m da p.c	CAMPIONI RIMANEGGIATI	S.P.T. COLPI	S.P.T. PROF.	S.P.T. T. PUNTA	NOTE
ROTAZIONE	Carotiere semplice d. 101 mm	WIDIA	Diametro 127 mm	A SECCO		22		Limo con sabbia fine, nocciola, debolmente argilloso con sparsa ghiaia fine subarrotondata diam max 20 mm. Rari ciottoli arrotondati.			22		14 15 18	21.45	AP	
						23					23	22.50	11 19 24	22.50	AP	
												8CR				
						24					24	23.00		22.95		
													10 12 16	24.00	AP	
						25					25	25.00		24.45		
						26		Sabbia media e fine, limosa debolmente argillosa, nocciola, sparsa ghiaia fine.			26	9CR 25.50	7 9 12	25.50	AP	
														25.95		
						27					27			27.00		
						28					28		9 8 8	27.45	AP	
						29		Sabbia fine e media, grigia-nocciola, limosa, debolmente argillosa, inglobante ghiaia, diam. max 20 mm, rari ciottoli. Rari livelli ossidati.			29	29.00	13 16 19	28.50	AP	
						30					30	10Cr 29.50	18 23 26	28.95 30.00		

MGS S.r.l.s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.
CANTIERE: Settimo M.se via Reiss Romoli
Data Prelievo: 07/08/2018

PERFORAZIONE: S1
CASSA : 1
PROFONDITA': da m 0,00 a m 5.00

CASSA : 2
PROFONDITA': da m 5.00 a m 10.00

MGS S.r.l.s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.
CANTIERE: Settimo M.se via Reiss Romoli
Data prelievo 08/08/2018

PERFORAZIONE: S1
CASSA : 3
PROFONDITA': da m 10.00 a m 15.00

CASSA : 4
PROFONDITA': da m 15.00 a m 20.00

MGS S.r.l.s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.
CANTIERE: Settimo M.se via Reiss Romoli
Data prelievo: 09/08/2018

PERFORAZIONE: S1
CASSA : 5
PROFONDITA': da m 20.00 a m 25.00

CASSA : 6
PROFONDITA': da m 25,00 a m 30.00

TEKNOS

COMMITTENTE: WiP S.r.l.

CANTIERE: Settimo M.se via Reiss M.

COORDINATE: X= 0.00 Y= 0.00 QUOTA ASS. p.c. 0.00 m slm

TIPO ATTREZZATURA: Mc80Ve

DESCRIZIONE STRUMENTI

DIREZIONE: ..

INCLINAZIONE: ..

DATA INIZIO: 09/08/2018

DATA FINE: 09/08/2018

OPERATORE: Sig. Giovanni Barone

RESPONSABILE: Dott. Giovanni Prisinzano

PERFORAZIONE: S1 bis

PAGINA 1 DI 1

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI UTENSILE	TIPO DI CORONA	DIAMETRO RIVEST. (mm)	FLUIDO DI PERFORAZIONE	FALDA	m da p.c	COLONNA STATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (0 20 40 60 80 100)	m da p.c	NOTE
ROTAZIONE	Carotiere semplice d. 101 mm	WIDIA	Diametro 127 mm	A SECCO		1		Terreno di riporto costituito da sabbia media e fine, colore da nocciola a grigio, con ghiaia e ciottoli sparsi. Da m. 1.70 a m. 2.40 intercalazione di argilla limosa passante a limo sabbioso debolmente argilloso, torboso, colore grigio scuro,		1	
						2				2	
						3				3	
						4		Sabbia media e fine da grigia a nocciola, debolmente limosa, con sparsa ghiaia fine.		4	
						5				5	

MGS S.r.l.s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.
CANTIERE: Settimo M.se via Reiss Romoli
Data Prelievo: 09/08/2018

PERFORAZIONE: S1 Bis
CASSA : 1
PROFONDITA': da m 0,00 a m 4.50

TEKNOS

COMMITTENTE: WiP S.r.l.

CANTIERE: Settimo M.se via Reiss M

COORDINATE: X= 0.00 Y= 0.00 QUOTA ASS. p.c. 0.00 m slm

TIPO ATTREZZATURA: Mc80Ve

DESCRIZIONE STRUMENTI

DIREZIONE: ..

INCLINAZIONE: ..

DATA INIZIO: 09/08/2018

DATA FINE: 09/08/2018

OPERATORE: Sig. Giovanni Barone

RESPONSABILE: Dott. Giovanni Prisinzano

PERFORAZIONE: S1 Ter

PAGINA 1 DI 1

METODO DI PERFORAZIONE	TIPO DI UTENSILE	TIPO DI CORONA	DIAMETRO RIVEST. (mm)	FLUIDO DI PERFORAZIONE	FALDA	m da p.c	COLONNA STATIGRAFICA	DESCRIZIONE STRATIGRAFIA	CAROTAGGIO % (0 20 40 60 80 100)	m da p.c	NOTE
ROTAZIONE	Carotiere semplice d. 101 mm	WIDIA	Diametro 127 mm	A SECCO		1		Terreno di riporto costituito da sabbia media e fine, grigio-nocciola, con ghiaia e ciottoli sparsi. Da m. 1.70 a m. 2.10 intercalazione di argilla limosa debolmente sabbiosa, torbosa, molto molle, colore grigio scuro.		1	
						2				2	
						3				3	
						4		Sabbia media e fine, grigia, con ghiaia grossolana, subarrotondata, ciottoli sparsi		4	
						5				5	

MGS S.r.l.s.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMMITTENTE: WiP S.r.l.
CANTIERE: Settimo M.se via Reiss Romoli
Data Prelievo: 09/08/2018

PERFORAZIONE: S1 Ter
CASSA : 1
PROFONDITA': da m 0,00 a m 5.00

ALLEGATO C

Elaborati delle prove penetrometriche (DPSH)

MGS SRL

VIA ROMA 17
24050 ZANICA (BG)

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

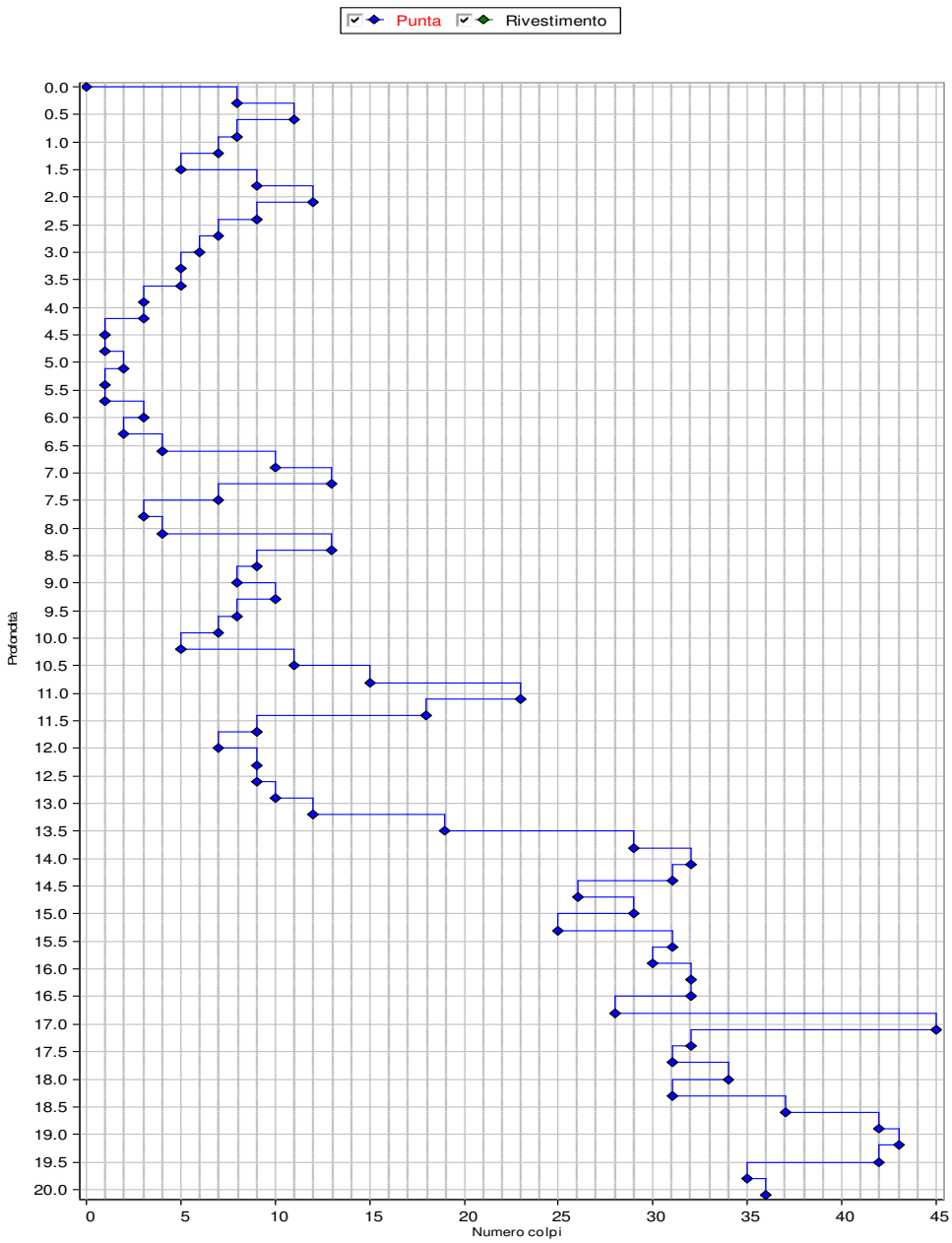
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.3	8		51	15.3	25	
2	0.6	11		52	15.6	31	
3	0.9	8		53	15.9	30	
4	1.2	7		54	16.2	32	
5	1.5	5		55	16.5	32	
6	1.8	9		56	16.8	28	
7	2.1	12		57	17.1	45	
8	2.4	9		58	17.4	32	
9	2.7	7		59	17.7	31	
10	3.0	6		60	18.0	34	
11	3.3	5		61	18.3	31	
12	3.6	5		62	18.6	37	
13	3.9	3		63	18.9	42	
14	4.2	3		64	19.2	43	
15	4.5	1		65	19.5	42	
16	4.8	1		66	19.8	35	
17	5.1	2		67	20.1	36	
18	5.4	1					
19	5.7	1					
20	6.0	3					
21	6.3	2					
22	6.6	4					
23	6.9	10					
24	7.2	13					
25	7.5	7					
26	7.8	3					
27	8.1	4					
28	8.4	13					
29	8.7	9					
30	9.0	8					
31	9.3	10					
32	9.6	8					
33	9.9	7					
34	10.2	5					
35	10.5	11					
36	10.8	15					
37	11.1	23					
38	11.4	18					
39	11.7	9					
40	12.0	7					
41	12.3	9					
42	12.6	9					
43	12.9	10					
44	13.2	12					
45	13.5	19					
46	13.8	29					
47	14.1	32					
48	14.4	31					
49	14.7	26					
50	15.0	29					

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

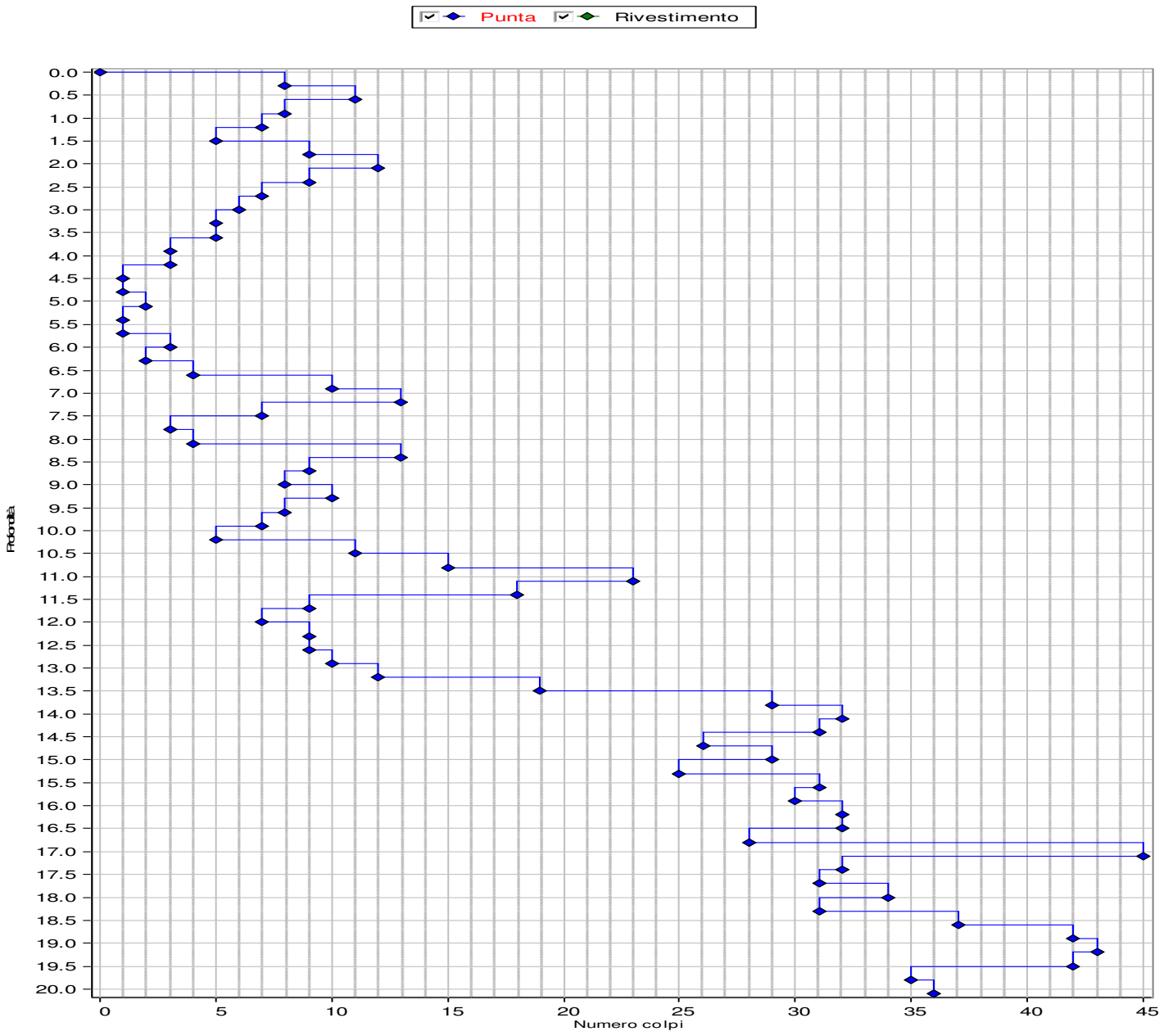
TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.3	8	
2	0.6	11	
3	0.9	8	
4	1.2	7	
5	1.5	5	
6	1.8	9	
7	2.1	12	
8	2.4	9	
9	2.7	7	
10	3.0	6	
11	3.3	5	
12	3.6	5	
13	3.9	3	
14	4.2	3	
15	4.5	1	
16	4.8	1	
17	5.1	2	
18	5.4	1	
19	5.7	1	
20	6.0	3	
21	6.3	2	
22	6.6	4	
23	6.9	10	
24	7.2	13	
25	7.5	7	
26	7.8	3	
27	8.1	4	
28	8.4	13	
29	8.7	9	
30	9.0	8	
31	9.3	10	
32	9.6	8	
33	9.9	7	
34	10.2	5	
35	10.5	11	
36	10.8	15	
37	11.1	23	
38	11.4	18	
39	11.7	9	
40	12.0	7	
41	12.3	9	
42	12.6	9	
43	12.9	10	
44	13.2	12	
45	13.5	19	
46	13.8	29	
47	14.1	32	
48	14.4	31	
49	14.7	26	
50	15.0	29	
51	15.3	25	
52	15.6	31	
53	15.9	30	
54	16.2	32	
55	16.5	32	
56	16.8	28	
57	17.1	45	
58	17.4	32	
59	17.7	31	
60	18.0	34	
61	18.3	31	
62	18.6	37	
63	18.9	42	
64	19.2	43	
65	19.5	42	
66	19.8	35	
67	20.1	36	



Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 1
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

GRAFICO RIASSUNTIVO DELLA PROVA



MGS SRL

VIA ROMA 17
24050 ZANICA (BG)

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 2
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

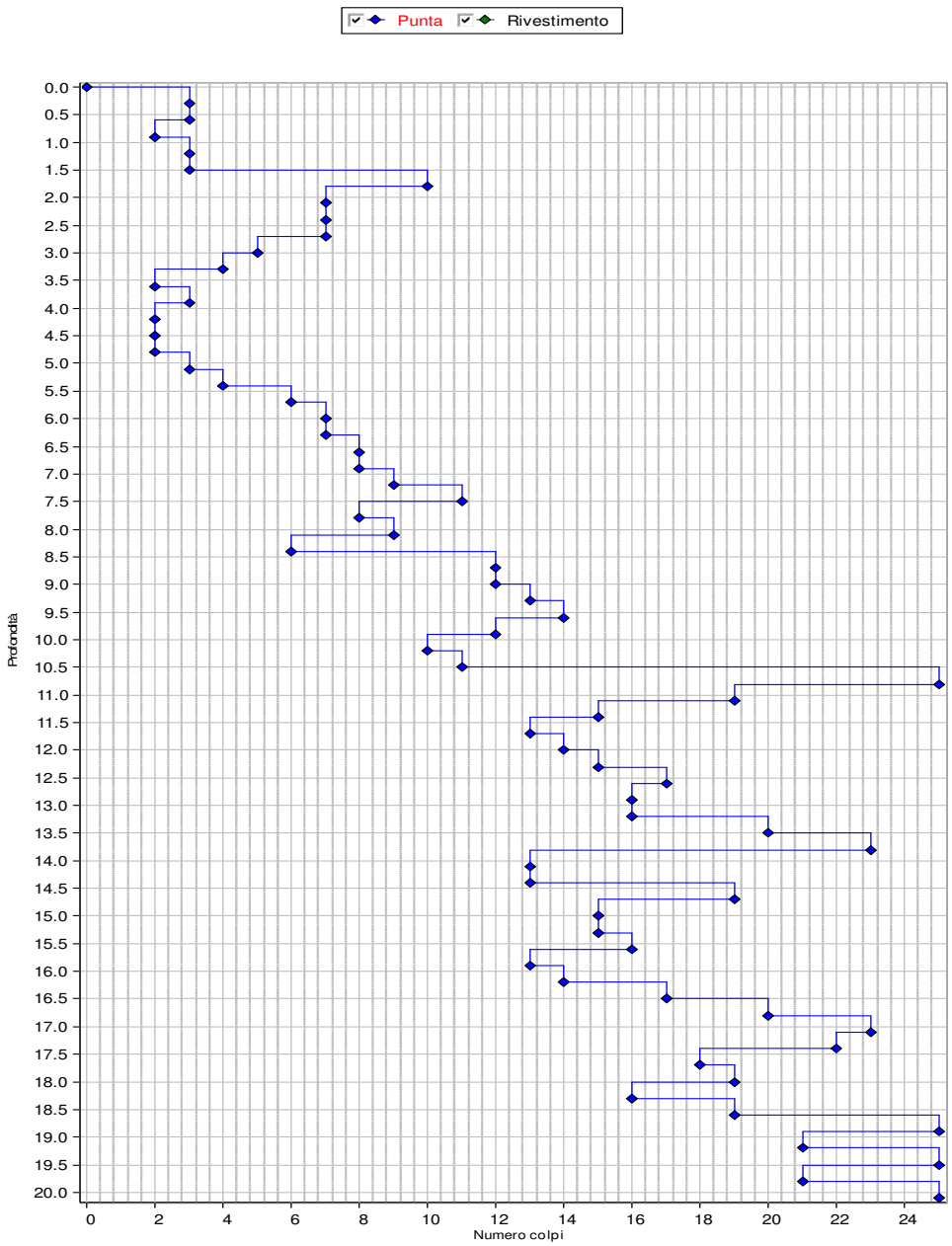
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.3	3		51	15.3	15	
2	0.6	3		52	15.6	16	
3	0.9	2		53	15.9	13	
4	1.2	3		54	16.2	14	
5	1.5	3		55	16.5	17	
6	1.8	10		56	16.8	20	
7	2.1	7		57	17.1	23	
8	2.4	7		58	17.4	22	
9	2.7	7		59	17.7	18	
10	3.0	5		60	18.0	19	
11	3.3	4		61	18.3	16	
12	3.6	2		62	18.6	19	
13	3.9	3		63	18.9	25	
14	4.2	2		64	19.2	21	
15	4.5	2		65	19.5	25	
16	4.8	2		66	19.8	21	
17	5.1	3		67	20.1	25	
18	5.4	4					
19	5.7	6					
20	6.0	7					
21	6.3	7					
22	6.6	8					
23	6.9	8					
24	7.2	9					
25	7.5	11					
26	7.8	8					
27	8.1	9					
28	8.4	6					
29	8.7	12					
30	9.0	12					
31	9.3	13					
32	9.6	14					
33	9.9	12					
34	10.2	10					
35	10.5	11					
36	10.8	25					
37	11.1	19					
38	11.4	15					
39	11.7	13					
40	12.0	14					
41	12.3	15					
42	12.6	17					
43	12.9	16					
44	13.2	16					
45	13.5	20					
46	13.8	23					
47	14.1	13					
48	14.4	13					
49	14.7	19					
50	15.0	15					

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 2
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

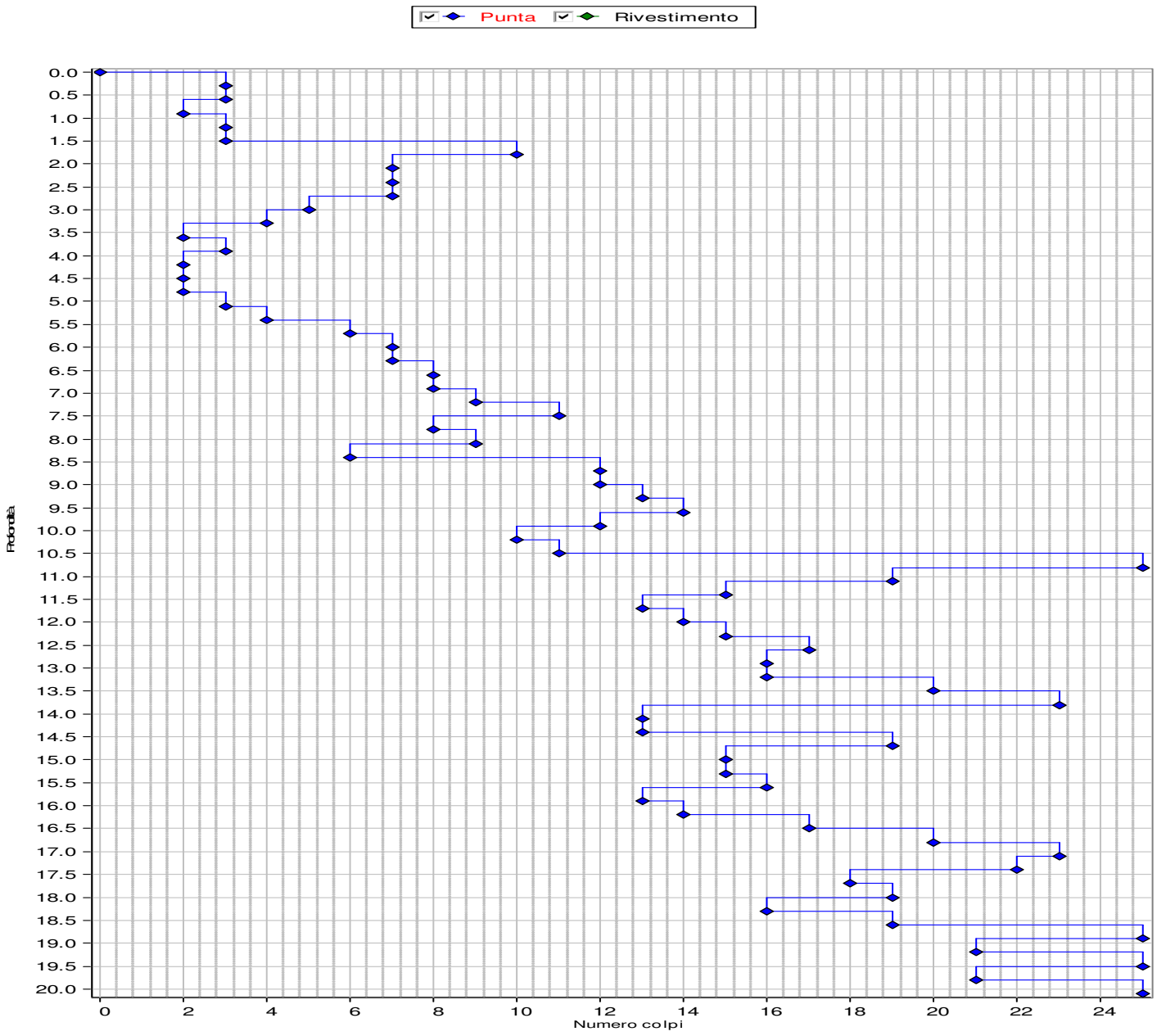
TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.3	3	
2	0.6	3	
3	0.9	2	
4	1.2	3	
5	1.5	3	
6	1.8	10	
7	2.1	7	
8	2.4	7	
9	2.7	7	
10	3.0	5	
11	3.3	4	
12	3.6	2	
13	3.9	3	
14	4.2	2	
15	4.5	2	
16	4.8	2	
17	5.1	3	
18	5.4	4	
19	5.7	6	
20	6.0	7	
21	6.3	7	
22	6.6	8	
23	6.9	8	
24	7.2	9	
25	7.5	11	
26	7.8	8	
27	8.1	9	
28	8.4	6	
29	8.7	12	
30	9.0	12	
31	9.3	13	
32	9.6	14	
33	9.9	12	
34	10.2	10	
35	10.5	11	
36	10.8	25	
37	11.1	19	
38	11.4	15	
39	11.7	13	
40	12.0	14	
41	12.3	15	
42	12.6	17	
43	12.9	16	
44	13.2	16	
45	13.5	20	
46	13.8	23	
47	14.1	13	
48	14.4	13	
49	14.7	19	
50	15.0	15	
51	15.3	15	
52	15.6	16	
53	15.9	13	
54	16.2	14	
55	16.5	17	
56	16.8	20	
57	17.1	23	
58	17.4	22	
59	17.7	18	
60	18.0	19	
61	18.3	16	
62	18.6	19	
63	18.9	25	
64	19.2	21	
65	19.5	25	
66	19.8	21	
67	20.1	25	



Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 2
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

GRAFICO RIASSUNTIVO DELLA PROVA



MGS SRL

VIA ROMA 17
24050 ZANICA (BG)

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 3
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

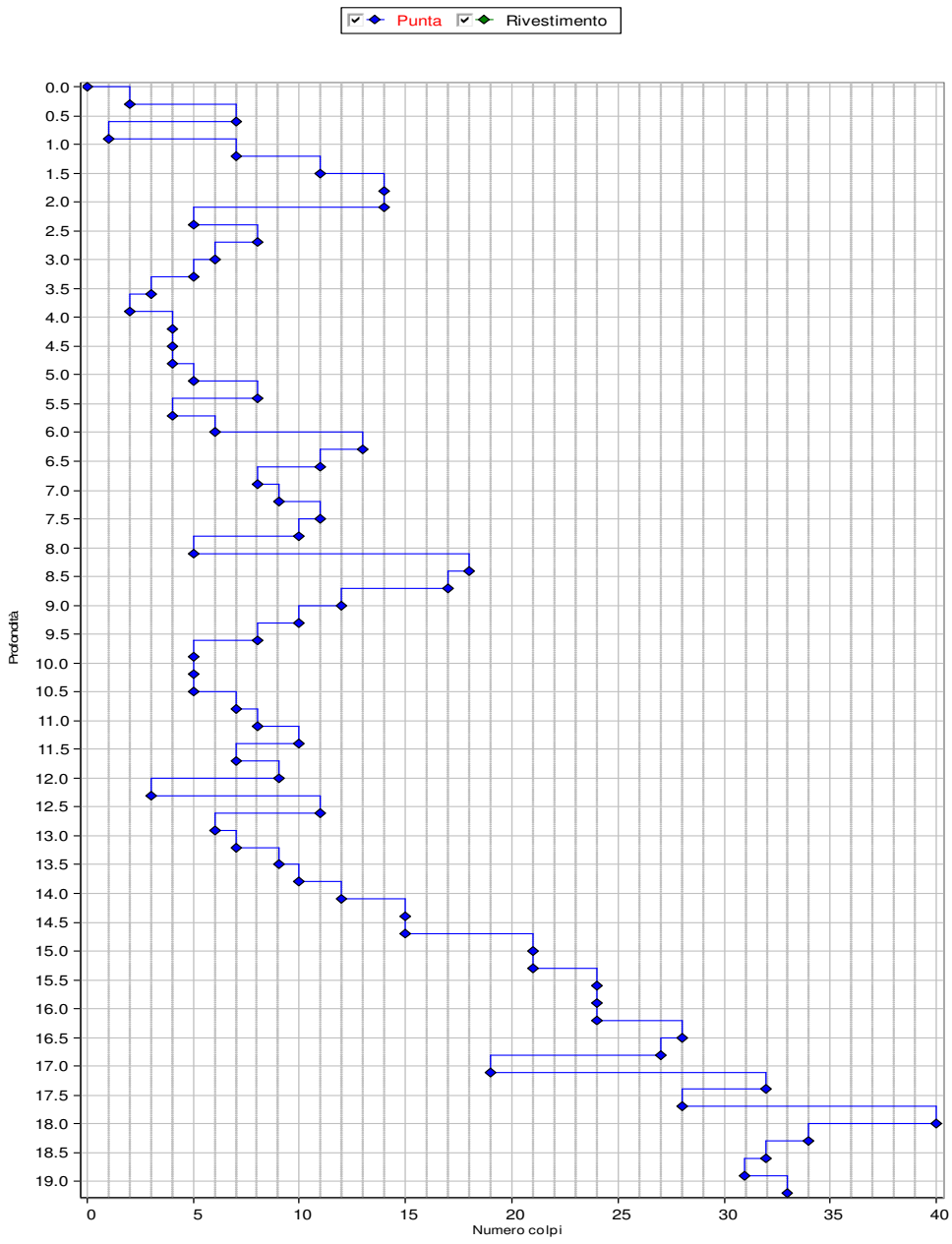
TABELLA DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to	N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.30	2		51	15.30	21	
2	0.60	7		52	15.60	24	
3	0.90	1		53	15.90	24	
4	1.20	7		54	16.20	24	
5	1.50	11		55	16.50	28	
6	1.80	14		56	16.80	27	
7	2.10	14		57	17.10	19	
8	2.40	5		58	17.40	32	
9	2.70	8		59	17.70	28	
10	3.00	6		60	18.00	40	
11	3.30	5		61	18.30	34	
12	3.60	3		62	18.60	32	
13	3.90	2		63	18.90	31	
14	4.20	4		64	19.20	33	
15	4.50	4					
16	4.80	4					
17	5.10	5					
18	5.40	8					
19	5.70	4					
20	6.00	6					
21	6.30	13					
22	6.60	11					
23	6.90	8					
24	7.20	9					
25	7.50	11					
26	7.80	10					
27	8.10	5					
28	8.40	18					
29	8.70	17					
30	9.00	12					
31	9.30	10					
32	9.60	8					
33	9.90	5					
34	10.20	5					
35	10.50	5					
36	10.80	7					
37	11.10	8					
38	11.40	10					
39	11.70	7					
40	12.00	9					
41	12.30	3					
42	12.60	11					
43	12.90	6					
44	13.20	7					
45	13.50	9					
46	13.80	10					
47	14.10	12					
48	14.40	15					
49	14.70	15					
50	15.00	21					

Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 3
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

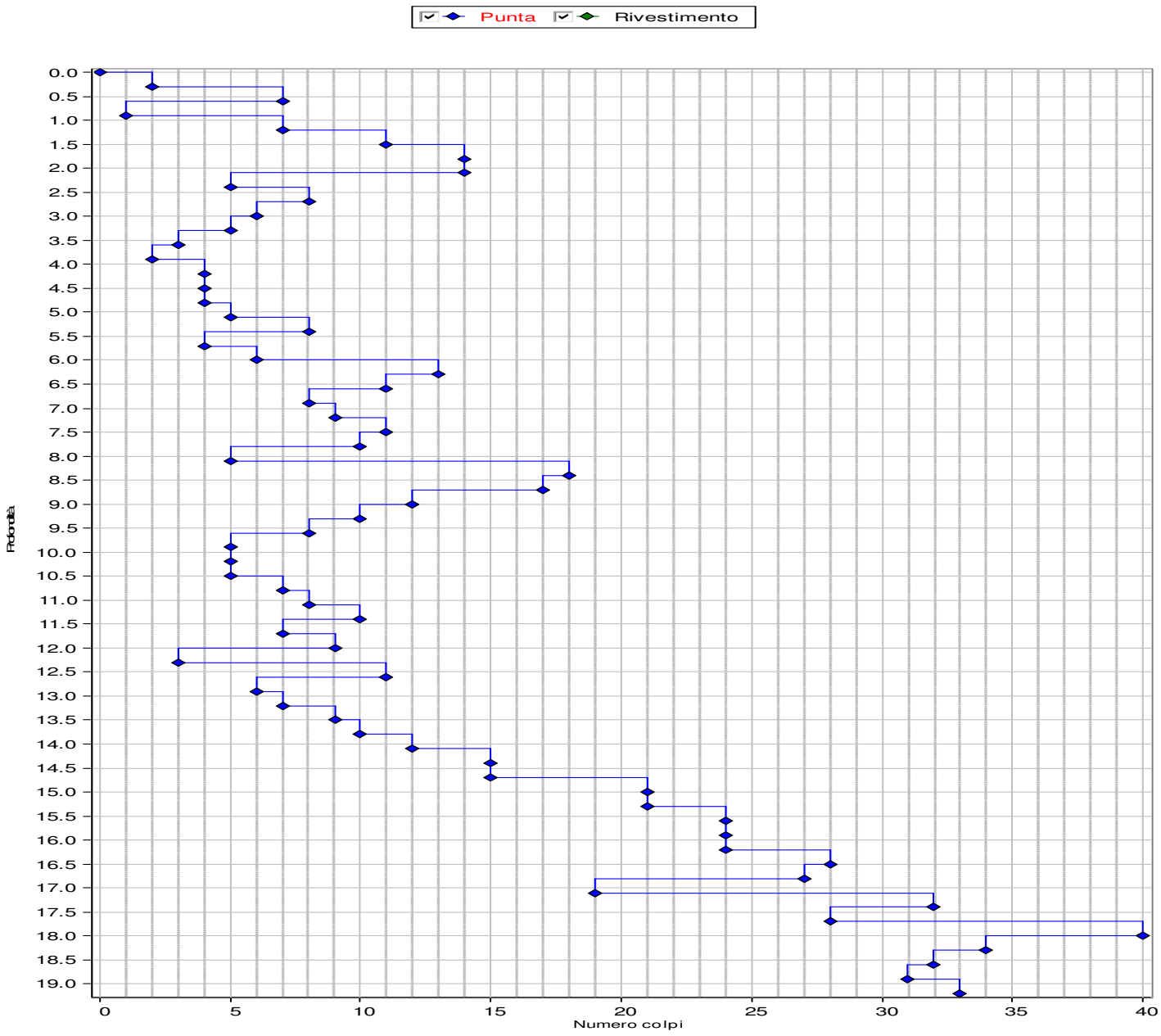
TABELLA E GRAFICO DATI PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

N.	Prof.(m)	N.punta	N.riv.to
1	0.30	2	
2	0.60	7	
3	0.90	1	
4	1.20	7	
5	1.50	11	
6	1.80	14	
7	2.10	14	
8	2.40	5	
9	2.70	8	
10	3.00	6	
11	3.30	5	
12	3.60	3	
13	3.90	2	
14	4.20	4	
15	4.50	4	
16	4.80	4	
17	5.10	5	
18	5.40	8	
19	5.70	4	
20	6.00	6	
21	6.30	13	
22	6.60	11	
23	6.90	8	
24	7.20	9	
25	7.50	11	
26	7.80	10	
27	8.10	5	
28	8.40	18	
29	8.70	17	
30	9.00	12	
31	9.30	10	
32	9.60	8	
33	9.90	5	
34	10.20	5	
35	10.50	5	
36	10.80	7	
37	11.10	8	
38	11.40	10	
39	11.70	7	
40	12.00	9	
41	12.30	3	
42	12.60	11	
43	12.90	6	
44	13.20	7	
45	13.50	9	
46	13.80	10	
47	14.10	12	
48	14.40	15	
49	14.70	15	
50	15.00	21	
51	15.30	21	
52	15.60	24	
53	15.90	24	
54	16.20	24	
55	16.50	28	
56	16.80	27	
57	17.10	19	
58	17.40	32	
59	17.70	28	
60	18.00	40	
61	18.30	34	
62	18.60	32	
63	18.90	31	
64	19.20	33	



Committente:	WIP SRL				
Località:	VIA REISS - SETTIMO MILANESE			Quota s.l.m.(m):	
Data inizio cantiere:	06/09/2018	Data fine cantiere:	06/09/2018	Sigla:	Prova 3
Attrezzatura:	PENETROMETRO PAGANI TG 63/200				
Coordinate geografiche:					

GRAFICO RIASSUNTIVO DELLA PROVA



ALLEGATO D

Risultati delle prove di laboratorio

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2746**	**del 29/08/2018**	**Accettazione n. 2287** **del 09/08/2018**

SETACCIATURA *(ASTM D2487-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova **29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR1 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	3,50-4,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	1159,5	*g*
Diametro massimo	40	*mm*
Diametro minimo	25	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	97,54	%
Passante	19,0	3/4	96,83	%
Passante	9,5	3/8	79,16	%
Passante	4,75	No. 4	63,26	%
Passante	2,0	No. 10	46,43	%
Passante	0,850	No. 20	32,33	%
Passante	0,425	No. 40	21,60	%
Passante	0,254	No. 60	15,40	%
Passante	0,150	No. 100	11,53	%
Passante	0,075	No. 200	8,31	%

Ghiaia g	(19-75)	3,17	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	33,57	%
Sabbia g	(2-4,75)	16,83	%
Sabbia m	(0,425-2)	24,82	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	13,30	%
Limo+argilla	(< 0,075)	8,31	%
Limo	(0,005-0,075)		%
Argilla	(< 0,005)		%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		*g*
Diametro massimo		*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%

ASTM CLASSIFICATION
SW-SM SW-SC

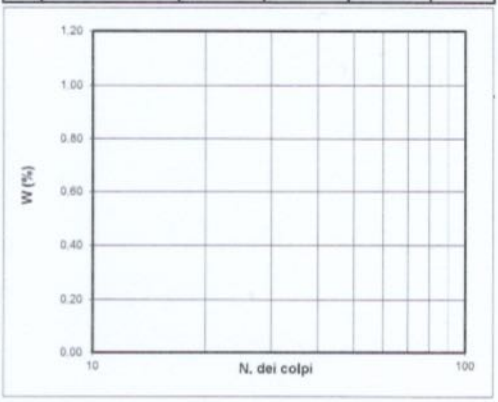
AASHTO M 145-82
-

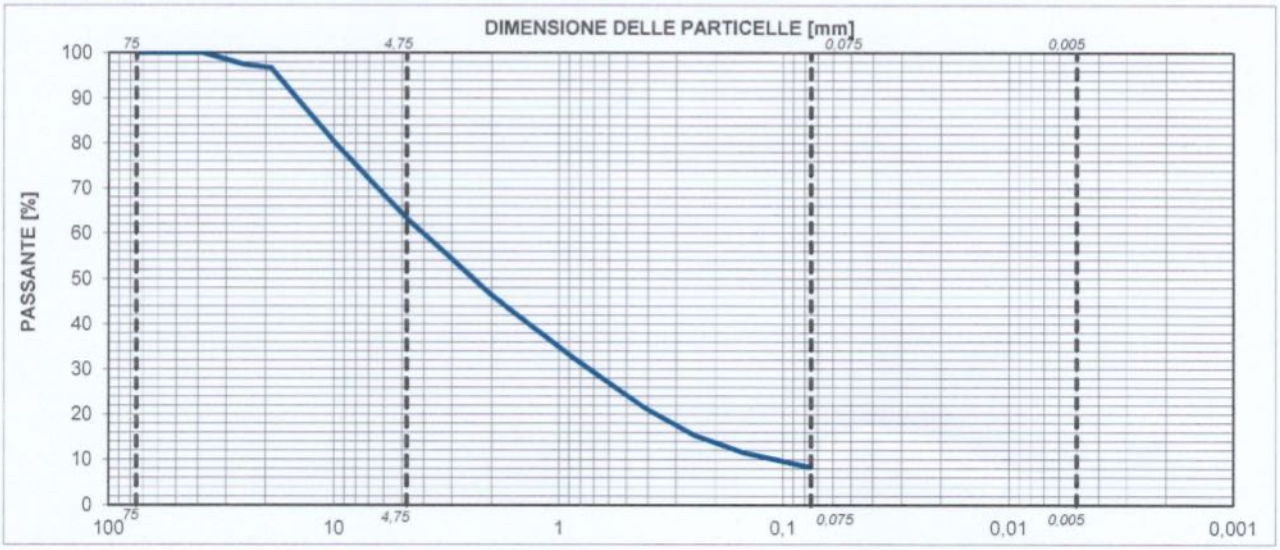
gs	-	*Mg/mc*	
CU		37,2	-
CC		1,2	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)		%
Limite Plastico	(WP)		%
Indice di Plasticità	(IP)		%
Indice di Consistenza	(IC)		%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2747**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA *(ASTM D2487-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova **29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR2 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	6,00-6,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	986,4	*g*
Diametro massimo	50	*mm*
Diametro minimo	20	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	97,34	%
Passante	19,0	3/4	95,34	%
Passante	9,5	3/8	87,89	%
Passante	4,75	No. 4	79,40	%
Passante	2,0	No. 10	67,19	%
Passante	0,850	No. 20	52,67	%
Passante	0,425	No. 40	32,91	%
Passante	0,254	No. 60	18,43	%
Passante	0,150	No. 100	11,06	%
Passante	0,075	No. 200	6,94	%

Ghiaia g	(19-75)	4,66	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	15,94	%
Sabbia g	(2-4,75)	12,21	%
Sabbia m	(0,425-2)	34,28	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	25,97	%
Limo+argilla	(< 0,075)	6,94	%
Limo	(0,005-0,075)		%
Argilla	(< 0,005)		%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		*g*
Diametro massimo		*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%

ASTM CLASSIFICATION
SW-SM SW-SC

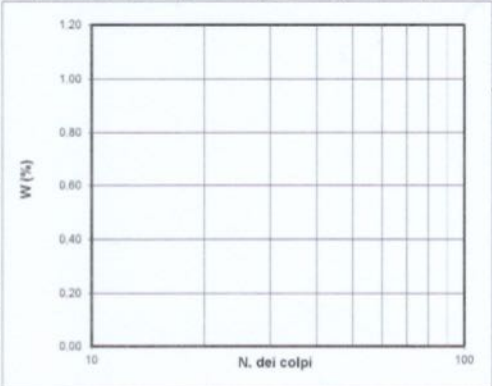
AASHTO M 145-82
-

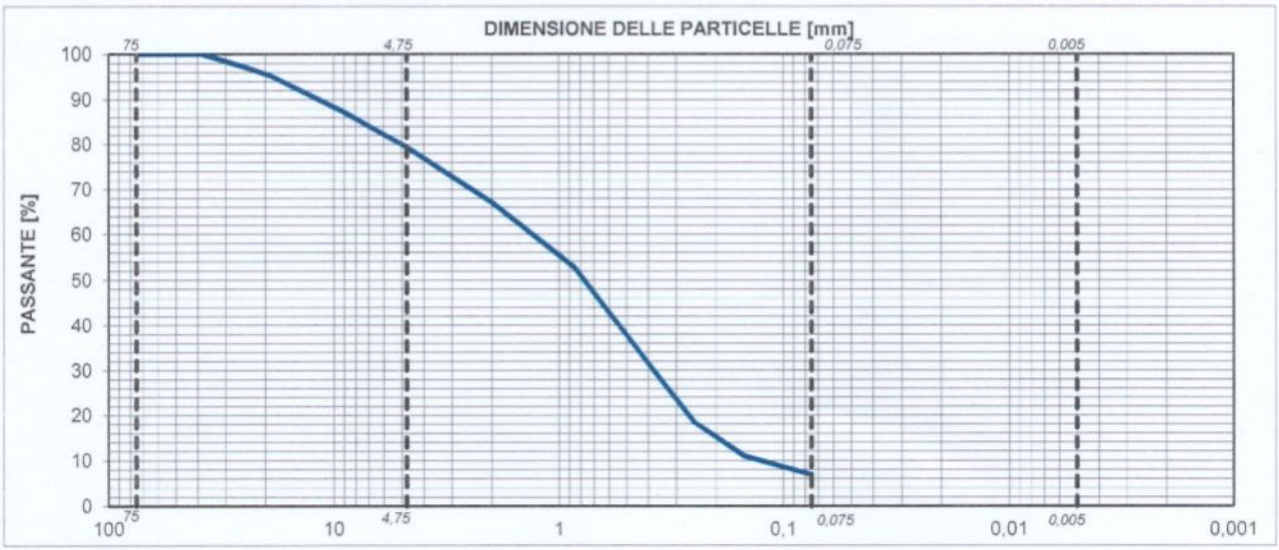
gs	-	*Mg/mc*	
CU		10,4	-
CC		0,9	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)		%
Limite Plastico	(WP)		%
Indice di Plasticità	(IP)		%
Indice di Consistenza	(IC)		%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2748**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA *(ASTM D2487-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova **29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR3 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	8,50-9,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	1269,7	*g*
Diametro massimo	35	*mm*
Diametro minimo	20	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	98,10	%
Passante	9,5	3/8	87,32	%
Passante	4,75	No. 4	73,53	%
Passante	2,0	No. 10	60,39	%
Passante	0,850	No. 20	49,41	%
Passante	0,425	No. 40	38,86	%
Passante	0,254	No. 60	31,72	%
Passante	0,150	No. 100	26,39	%
Passante	0,075	No. 200	21,03	%

Ghiaia g	(19-75)	1,90	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	24,58	%
Sabbia g	(2-4,75)	13,14	%
Sabbia m	(0,425-2)	21,53	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	17,83	%
Limo+argilla	(< 0,075)	21,03	%
Limo	(0,005-0,075)		%
Argilla	(< 0,005)		%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		*g*
Diametro massimo		*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%

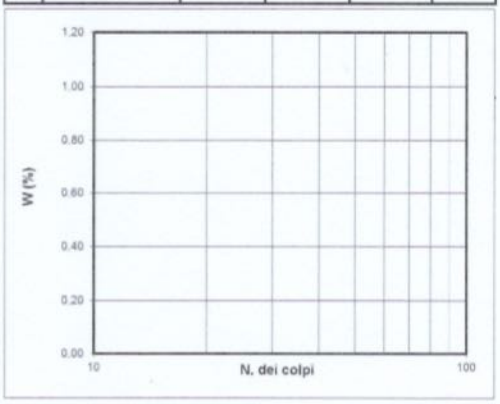
ASTM CLASSIFICATION
SC SM SC-SM
AASHTO M 145-82
-

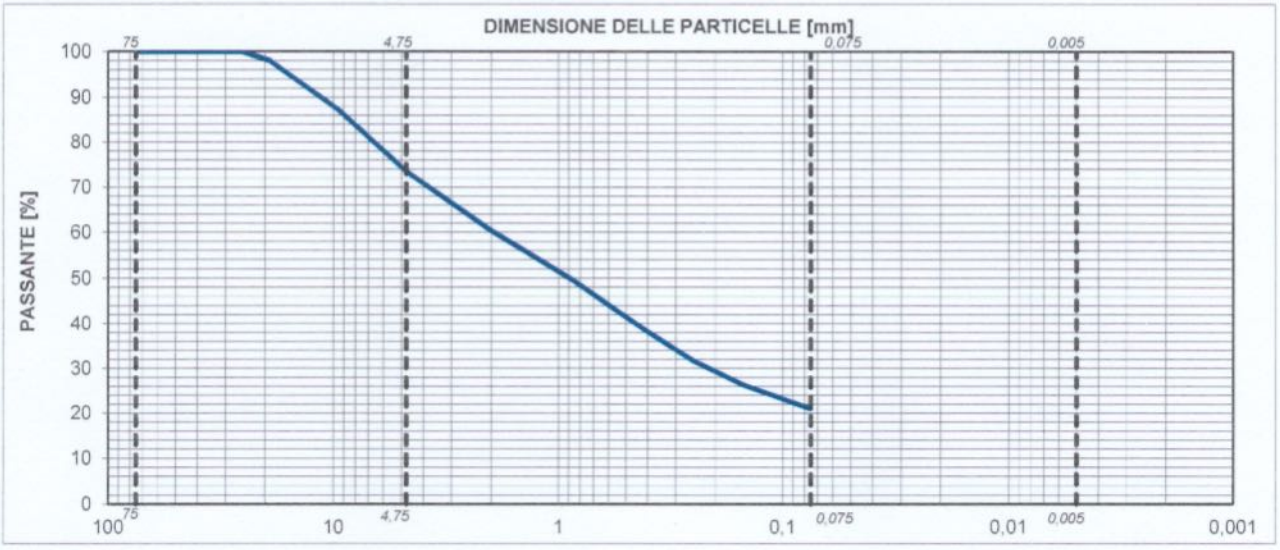
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)		%
Limite Plastico	(WP)		%
Indice di Plasticità	(IP)		%
Indice di Consistenza	(IC)		%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2749**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA *(ASTM D2487-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova **29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR4 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	11,50-12,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	1593,4	g
Diametro massimo	30	mm
Diametro minimo	15	mm
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	Set. in.-No.	Percentuale passante	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	92,44	%
Passante	9,5	3/8	77,27	%
Passante	4,75	No. 4	66,33	%
Passante	2,0	No. 10	56,33	%
Passante	0,850	No. 20	46,63	%
Passante	0,425	No. 40	33,67	%
Passante	0,254	No. 60	26,60	%
Passante	0,150	No. 100	21,65	%
Passante	0,075	No. 200	17,31	%

Ghiaia g	(19-75)	7,56	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	26,10	%
Sabbia g	(2-4,75)	10,01	%
Sabbia m	(0,425-2)	22,66	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	16,35	%
Limo+argilla	(< 0,075)	17,31	%
Limo	(0,005-0,075)		%
Argilla	(< 0,005)		%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		g
Diametro massimo		mm

Diametro	u.m.	Percentuale	
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%

ASTM CLASSIFICATION
SC SM SC-SM

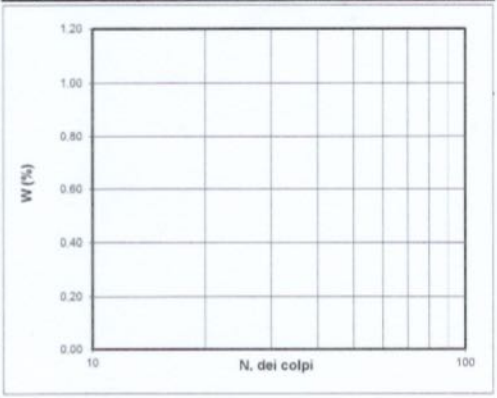
AASHTO M 145-82
-

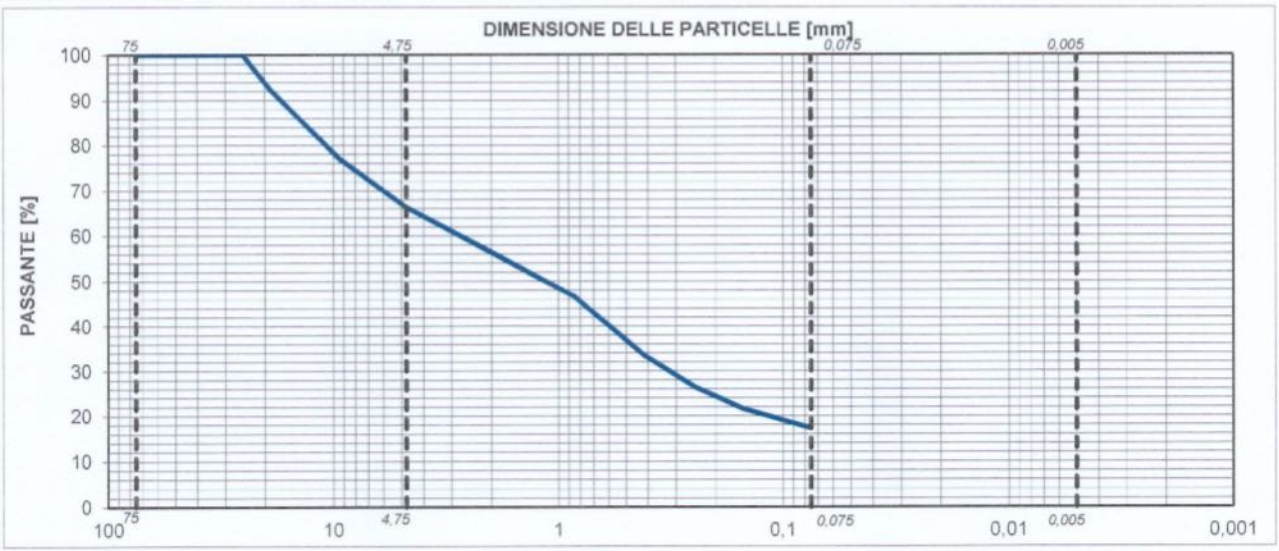
gs	-	Mg/mc
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)		%
Limite Plastico	(WP)		%
Indice di Plasticità	(IP)		%
Indice di Consistenza	(IC)		%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2750**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL		
COMMESSA:	-		
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)		
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:** CR5 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :** 13,00-13,40 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	396,15	*g*
Diametro massimo	-	*mm*
Diametro minimo	-	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	100,00	%
Passante	2,0	No. 10	99,95	%
Passante	0,850	No. 20	99,53	%
Passante	0,425	No. 40	98,71	%
Passante	0,254	No. 60	97,63	%
Passante	0,150	No. 100	96,22	%
Passante	0,075	No. 200	92,87	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,00	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,05	%
Sabbia m	(0,425-2)	1,24	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	5,84	%
Limo+argilla	(< 0,075)	92,87	%
Limo	(0,005-0,075)	55,92	%
Argilla	(< 0,005)	36,95	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	*g*
Diametro massimo	0,075	*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
0,0536	*mm*	83,99	%
0,0392	*mm*	76,65	%
0,0288	*mm*	67,84	%
0,0212	*mm*	57,56	%
0,0153	*mm*	51,68	%
0,0114	*mm*	45,81	%
0,0082	*mm*	41,40	%
0,0059	*mm*	38,47	%
0,0042	*mm*	35,53	%
0,0030	*mm*	32,59	%
0,0021	*mm*	31,12	%
0,0015	*mm*	29,65	%
0,0012	*mm*	29,65	%

ASTM CLASSIFICATION
CL o OL

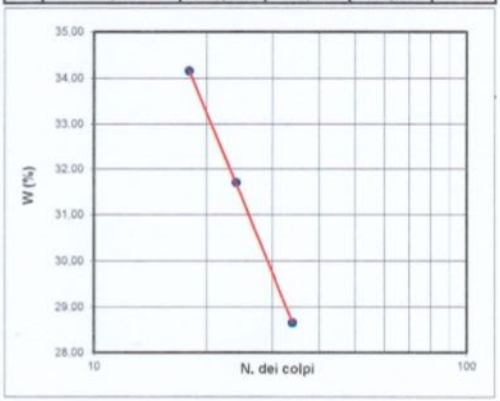
AASHTO M 145-82
-

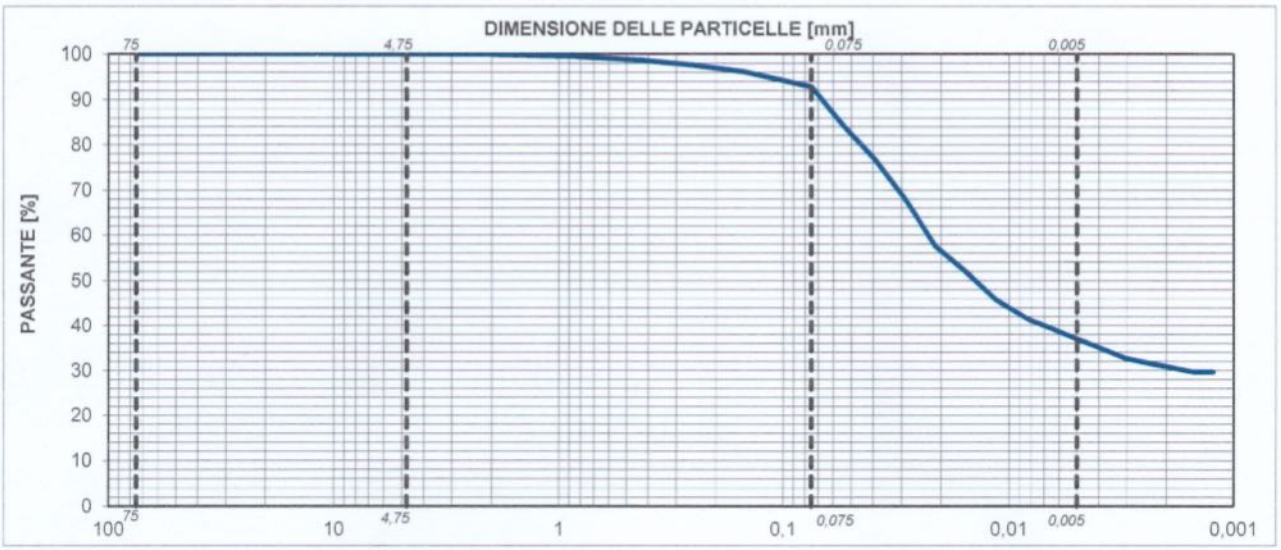
g_s	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)	31	%
Limite Plastico	(WP)	23	%
Indice di Plasticità	(IP)	8	%
Indice di Consistenza	(IC)	-	%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	22,20	48,56	41,85	34,15	18
	22,20	53,86	46,24	31,70	24
	23,05	55,11	47,97	28,65	34
LP	21,65	31,16	29,32	23,99	-
	21,77	32,06	30,11	23,38	-





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")

D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi

Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**2798**	**del 04/09/2018**	**Accettazione 2287**	**del 09/08/2018**

PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO *(ASTM D2435)*

data inizio prova	**14/08/2018**	data fine prova	**04/09/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL
COMMESSA:	-
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)
SONDAGGIO :	S1
CAMPIONE:	CR5 IN CLASSE Q3
PROFONDITA' :	13,00-13,40 m

Dati provino

Sezione provino	2,00E-03 m2	Peso di volume iniziale	2,03 Mg/mc
Altezza iniziale	0,020 m	Peso di volume finale	2,34 Mg/mc
Altezza finale	0,016 m	Peso di volume secco	1,61 Mg/mc
Num tara 1	1	Contenuto acqua iniziale	26,21 %
Peso tara 1	5,59E-05 Mg	Contenuto acqua finale	17,96 %
Tara + p. umido iniziale	1,37E-04 Mg	Saturazione iniziale	100,00 %
Num tara 2	2	Saturazione finale	100,00 %
Peso tara 2	4,13E-05 Mg	Indice dei vuoti iniziale	0,69
Tara + p. umido finale	1,17E-04 Mg	Indice dei vuoti finale	0,37
Tara + p. provino secco	1,06E-04 Mg	Peso vol. secco finale	1,98 Mg/mc
Peso specifico grani	2,720 Mg/mc		

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato 2798	**del 04/09/2018**	**Accettazione 2287**	**del 09/08/2018**

PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO (ASTM D2435) - Letture cedimenti in funzione del tempo in scala logaritmica

	Passo 1	Passo 2	Passo 3	Passo 4	Passo 5	Passo 6	Passo 7	Passo 8	Passo 9	Passo 10	Passo 11	Passo 12	Passo 13	Passo 14	Passo 15	Passo 16	Passo 17	Passo 18	Passo 19	Passo 20	Passo 21	Passo 22
dt	12,5 kPa	25 kPa	50 kPa	100 kPa	200 kPa	400 kPa	800 kPa	1600 kPa	3200 kPa	6400 kPa	1600 kPa	400 kPa	100 kPa									
	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH	dH
min	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0,00	0,0000																					
0,05	0,0231	0,07	0,118	0,242	0,435	0,72	1,13	1,65	2,261	3,00	3,80	3,50	3,04									
0,09	0,0268	0,07	0,118	0,243	0,457	0,74	1,14	1,66	2,307	3,03	3,79	3,50	3,03									
0,14	0,0272	0,07	0,119	0,246	0,463	0,75	1,16	1,67	2,319	3,10	3,78	3,46	3,03									
0,25	0,0287	0,07	0,121	0,250	0,467	0,75	1,16	1,68	2,334	3,12	3,76	3,44	3,02									
0,42	0,0313	0,07	0,122	0,255	0,473	0,76	1,18	1,70	2,351	3,15	3,74	3,44	3,02									
0,71	0,0324	0,07	0,125	0,261	0,479	0,78	1,19	1,71	2,373	3,17	3,67	3,43	3,02									
1,21	0,0347	0,07	0,128	0,266	0,485	0,79	1,21	1,74	2,395	3,20	3,65	3,41	3,01									
2,05	0,0380	0,07	0,131	0,271	0,493	0,80	1,22	1,77	2,429	3,24	3,63	3,39	3,00									
3,49	0,0433	0,07	0,135	0,278	0,506	0,82	1,25	1,81	2,481	3,29	3,62	3,37	3,00									
5,93	0,0485	0,08	0,141	0,286	0,524	0,85	1,29	1,86	2,537	3,35	3,60	3,35	2,98									
10,08	0,0519	0,08	0,149	0,303	0,542	0,88	1,33	1,92	2,610	3,44	3,57	3,32	2,96									
17,14	0,0541	0,08	0,159	0,318	0,569	0,92	1,39	1,99	2,690	3,52	3,55	3,28	2,94									
29,13	0,0563	0,09	0,168	0,340	0,597	0,97	1,44	2,07	2,771	3,61	3,54	3,23	2,91									
49,52	0,0575	0,09	0,175	0,362	0,625	1,00	1,50	2,12	2,828	3,66	3,53	3,18	2,87									
84,19	0,0575	0,10	0,186	0,379	0,645	1,03	1,53	2,16	2,875	3,71	3,52	3,14	2,81									
143,12	0,0605	0,10	0,192	0,393	0,666	1,06	1,55	2,18	2,900	3,74	3,52	3,10	2,76									
243,30		0,10	0,199	0,404	0,675	1,07	1,56	2,20	2,919	3,75	3,51	3,08	2,70									
413,62		0,10	0,202	0,410	0,684	1,08	1,58	2,21	2,934	3,77	3,51	3,07										
703,15		0,10	0,208	0,418	0,689	1,09	1,58	2,23	2,945	3,78	3,51	3,06										
1195,35		0,11	0,211	0,423	0,693	1,09		2,24	2,955	3,79		3,06										
2032,12		0,11		0,426					2,964			3,05										
3454,60				0,430					2,974			3,05										

ε (%)	0,120	0,509	1,000	2,033	3,289	5,293	7,660	10,786	14,267	18,549	17,556	15,246	13,786									
e	0,690	0,683	0,675	0,657	0,636	0,602	0,562	0,509	0,450	0,378	0,395	0,434	0,458									

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")

D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi

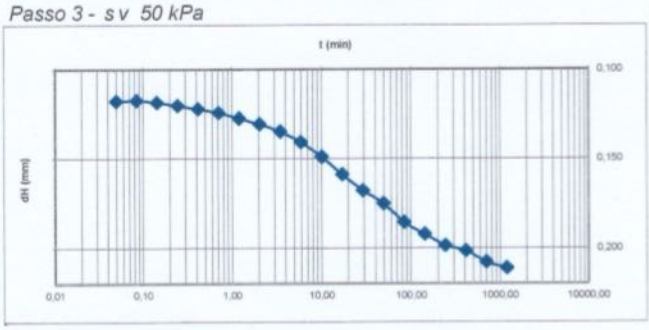
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**2798**	**del 04/09/2018**	**Accettazione 2287**	**del 09/08/2018**

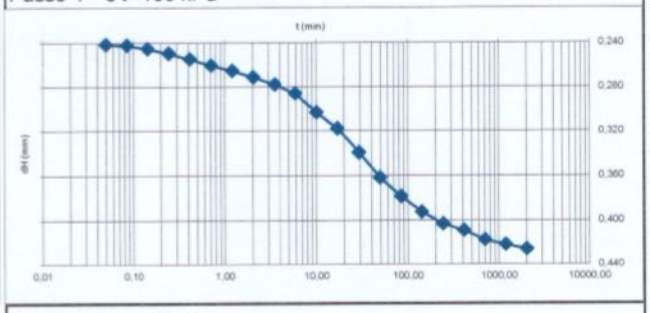
PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO *(ASTM D2435) Diagrammi cedimento- log del tempo*

COMMITTENTE:	WIP SRL
COMMESSA:	-
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)
SONDAGGIO :	S1
CAMPIONE:	CR5 IN CLASSE Q3
PROFONDITA' :	13,00-13,40 m

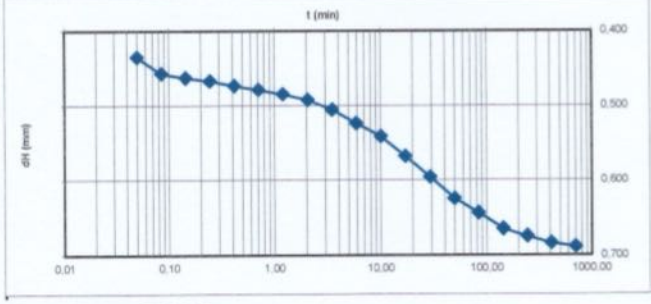
Passo 3 - s v 50 kPa



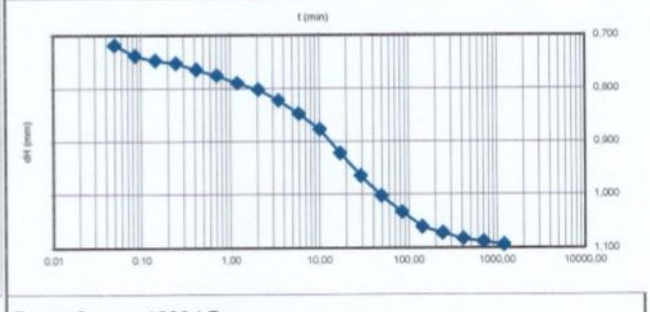
Passo 4 - s v 100 kPa



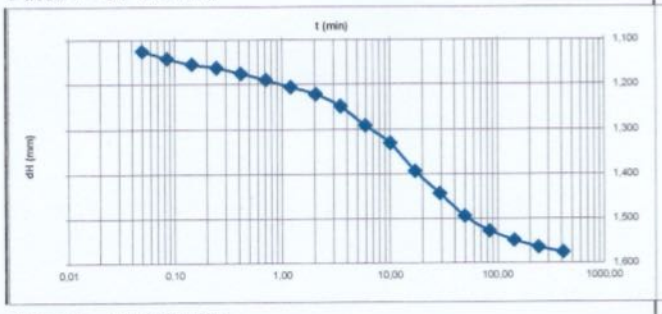
Passo 5 - s v 200 kPa



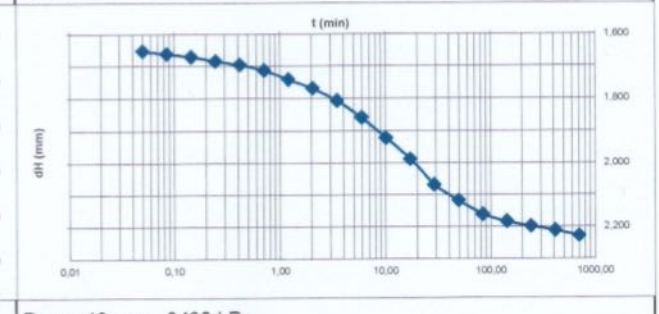
Passo 6 - s v 400 kPa



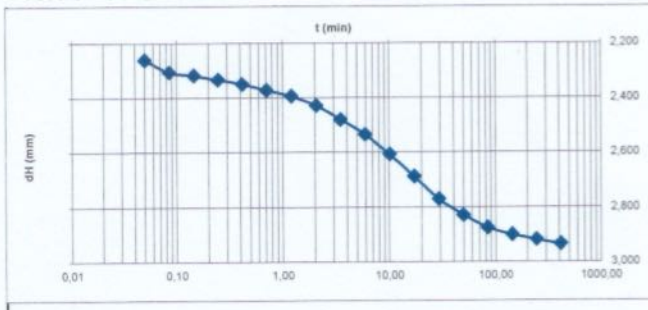
Passo 7 - s v 800 kPa



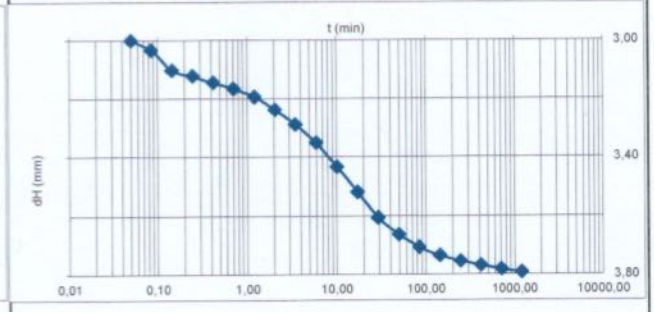
Passo 8 - s v 1600 kPa



Passo 9 - s v 3200 kPa



Passo 10 - s v 6400 kPa



ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")

D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi

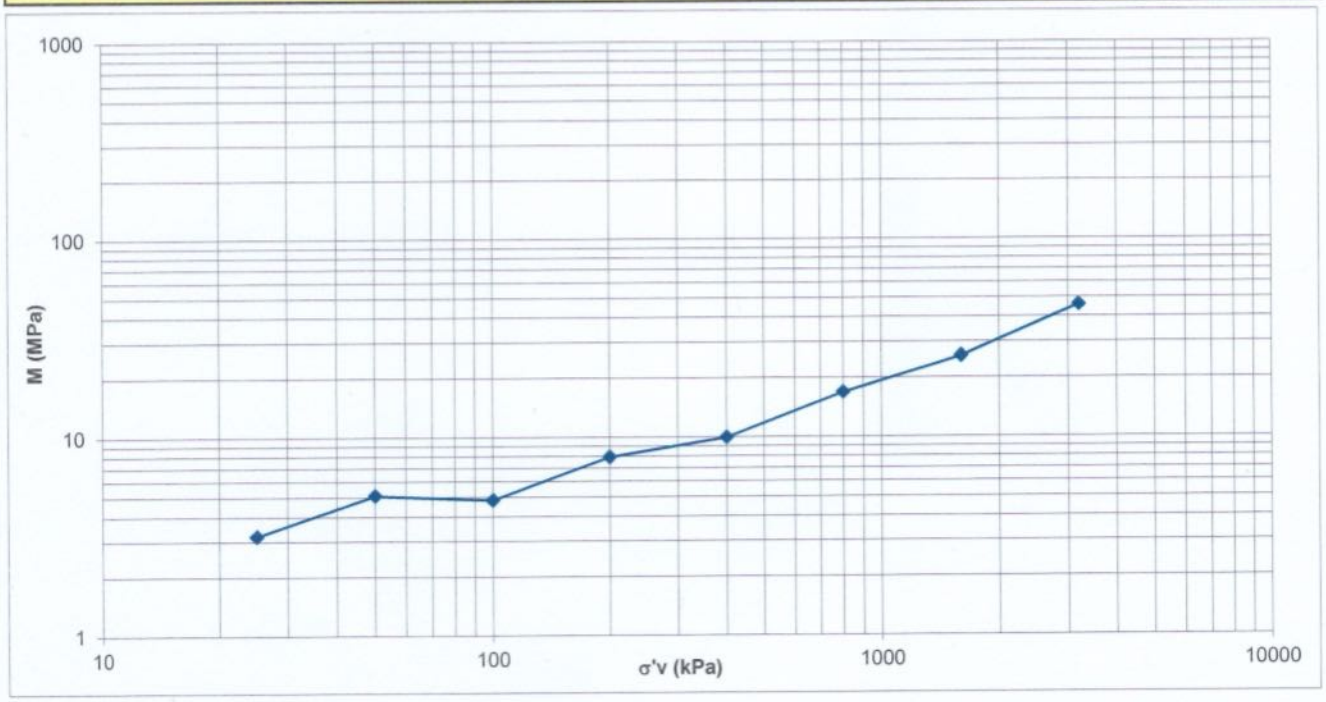
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	2798	del 04/09/2018	Accettazione	2287	del 09/08/2018

PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO *(ASTM D2435) Tabella riassuntiva*

Passo	σ'_v [kPa]	ε [%]	e [-]	M [MPa]	C_v [cmq/sec]	K [m/sec]	C_α [%]	a_v [MPa-1]
1	12,5	0,120	0,690					
2	25	0,509	0,683	3,20662	1,44E-04	4,41E-11		
3	50	1,000	0,675	5,09570	2,06E-04	3,96E-11		
4	100	2,033	0,657	4,83851	1,74E-04	3,52E-11		
5	200	3,289	0,636	7,96564	2,34E-04	2,88E-11		
6	400	5,293	0,602	9,97758	3,13E-04	3,07E-11		
7	800	7,660	0,562	16,89807	2,88E-04	1,67E-11		
8	1600	10,786	0,509	25,59201	3,18E-04	1,22E-11		
9	3200	14,267	0,450	45,96485	3,31E-04	7,06E-12		
10	6400	18,549	0,378	74,73464	3,06E-04	4,02E-12		
11	1600	17,556	0,395					
12	400	15,246	0,434					
13	100	13,786	0,458					

Grafico di confronto tra la pressione verticale applicata **σ' v** (kPa) e il modulo edometrico **M**

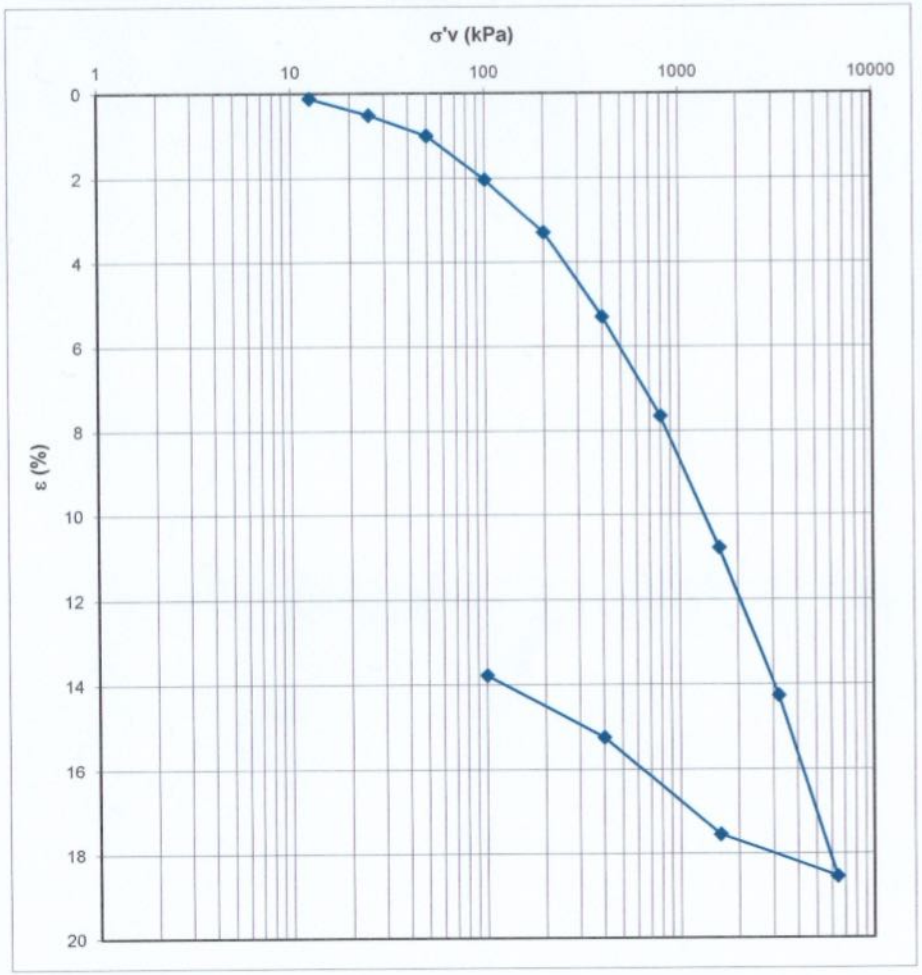


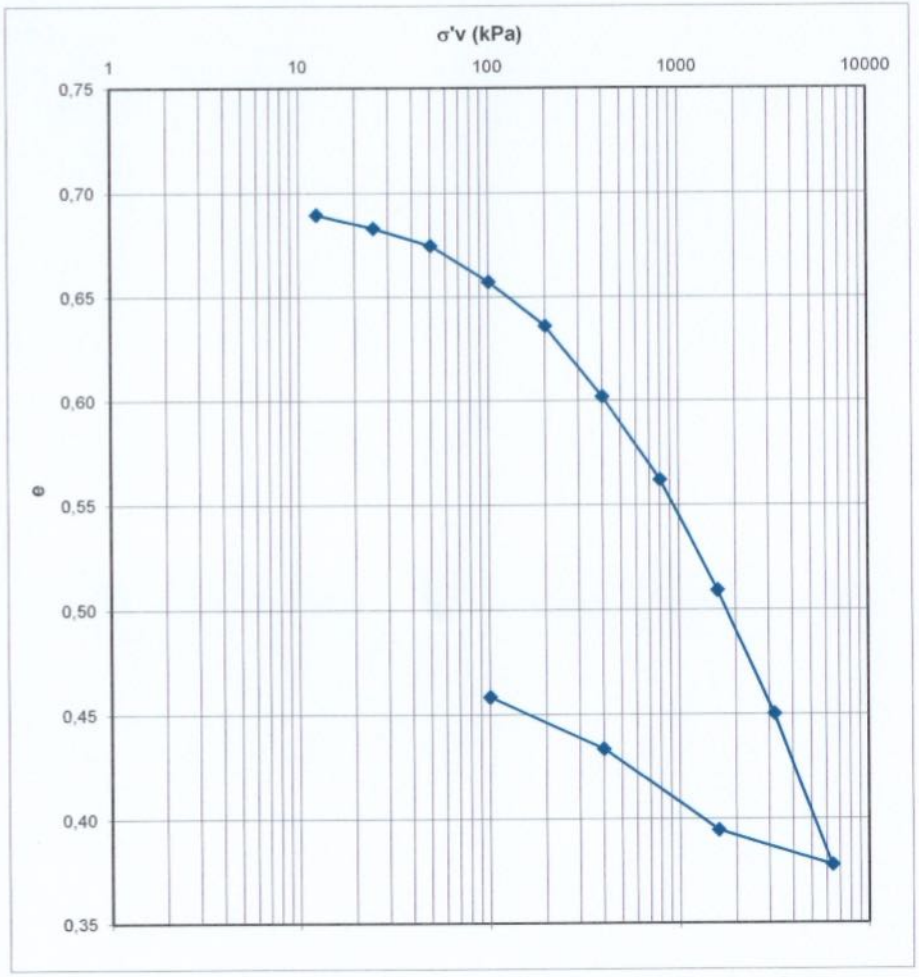
ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato	**2798**	**del 04/09/2018**	**Accettazione**	**2287**	**del 09/08/2018**

PROVA EDOMETRICA A GRADINI DI CARICO *(ASTM D2435) Grafici tra la pressione verticale* ***σ' v*** *(kPa), la deformazione verticale* ***ε*** *e l'indice dei vuoti* ***e***





ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2751**	**del 29/08/2018**	**Accettazione n. 2287** **del 09/08/2018**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR6 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	16,50-17,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	675,7	*g*
Diametro massimo	25	*mm*
Diametro minimo	15	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	98,64	%
Passante	9,5	3/8	91,57	%
Passante	4,75	No. 4	83,77	%
Passante	2,0	No. 10	77,61	%
Passante	0,850	No. 20	68,74	%
Passante	0,425	No. 40	48,03	%
Passante	0,254	No. 60	37,38	%
Passante	0,150	No. 100	30,75	%
Passante	0,075	No. 200	25,34	%

Ghiaia g	(19-75)	1,36	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	14,87	%
Sabbia g	(2-4,75)	6,16	%
Sabbia m	(0,425-2)	29,58	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	22,70	%
Limo+argilla	(< 0,075)	25,34	%
Limo	(0,005-0,075)	15,89	%
Argilla	(< 0,005)	9,45	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	*g*
Diametro massimo	0,075	*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
0,0536	*mm*	22,92	%
0,0392	*mm*	20,91	%
0,0290	*mm*	18,11	%
0,0210	*mm*	16,50	%
0,0152	*mm*	14,90	%
0,0113	*mm*	13,30	%
0,0082	*mm*	11,70	%
0,0059	*mm*	10,09	%
0,0042	*mm*	8,89	%
0,0030	*mm*	7,69	%
0,0022	*mm*	6,49	%
0,0015	*mm*	6,49	%
0,0013	*mm*	6,09	%

ASTM CLASSIFICATION
SC

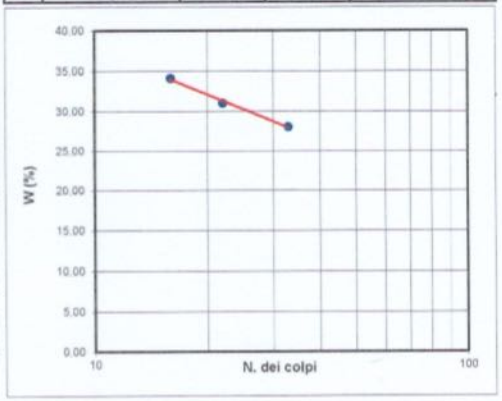
AASHTO M 145-82
-

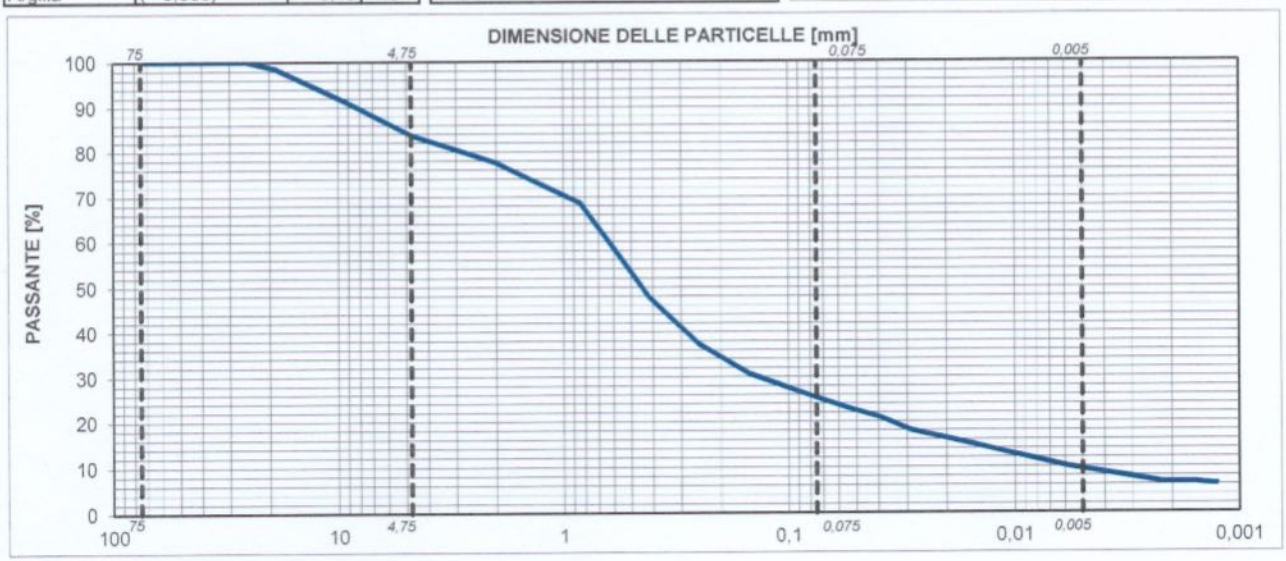
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)	30	%
Limite Plastico	(WP)	13	%
Indice di Plasticità	(IP)	17	%
Indice di Consistenza	(IC)	-	%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	23,01	50,11	43,22	34,09	16
	21,54	51,37	44,31	31,01	22
	22,55	48,96	43,18	28,02	33
LP	22,15	30,31	29,32	13,81	-
	23,05	31,64	30,60	13,77	-





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2752**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR7 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	19,50-20,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	389,91	*g*
Diametro massimo	-	*mm*
Diametro minimo	-	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	100,00	%
Passante	2,0	No. 10	99,95	%
Passante	0,850	No. 20	99,74	%
Passante	0,425	No. 40	99,05	%
Passante	0,254	No. 60	98,34	%
Passante	0,150	No. 100	97,68	%
Passante	0,075	No. 200	95,46	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,00	%
Sabbia g	(2-4,75)	0,05	%
Sabbia m	(0,425-2)	0,90	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	3,60	%
Limo+argilla	(< 0,075)	95,46	%
Limo	(0,005-0,075)	86,12	%
Argilla	(< 0,005)	9,34	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	*g*
Diametro massimo	0,075	*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
0,0536	*mm*	86,33	%
0,0395	*mm*	77,28	%
0,0295	*mm*	63,69	%
0,0222	*mm*	47,08	%
0,0165	*mm*	31,99	%
0,0124	*mm*	22,93	%
0,0089	*mm*	16,89	%
0,0063	*mm*	13,88	%
0,0046	*mm*	7,84	%
0,0032	*mm*	4,82	%
0,0023	*mm*	3,31	%
0,0016	*mm*	3,31	%
0,0013	*mm*	3,31	%

ASTM CLASSIFICATION
ML o OL

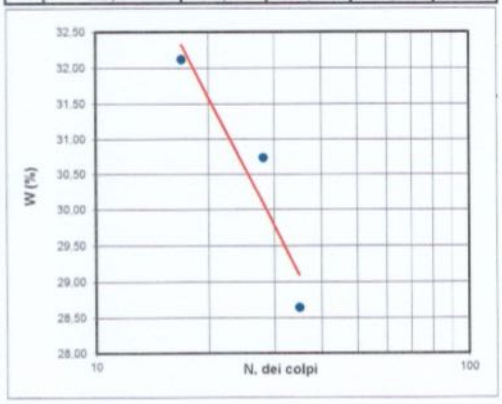
AASHTO M 145-82
-

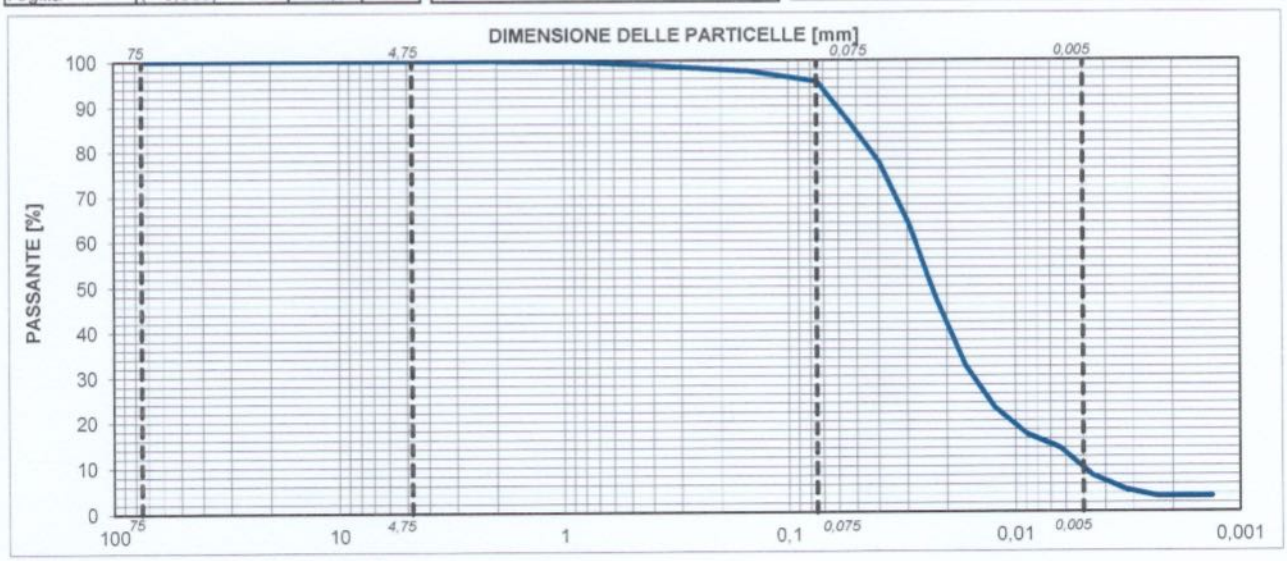
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)	30	%
Limite Plastico	(WP)	25	%
Indice di Plasticità	(IP)	5	%
Indice di Consistenza	(IC)	-	%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	22,11	51,03	44,00	32,12	17
	22,41	53,89	46,49	30,73	28
	23,05	50,45	44,35	28,64	35
LP	22,38	32,62	30,55	25,34	-
	23,11	33,01	31,02	25,16	-





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2753**	**del 29/08/2018**	**Accettazione n. 2287**	**del 09/08/2018**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR8 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	22,50-23,00 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	946,2	*g*
Diametro massimo	25	*mm*
Diametro minimo	15	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	93,78	%
Passante	4,75	No. 4	89,84	%
Passante	2,0	No. 10	84,88	%
Passante	0,850	No. 20	78,67	%
Passante	0,425	No. 40	65,85	%
Passante	0,254	No. 60	53,97	%
Passante	0,150	No. 100	44,02	%
Passante	0,075	No. 200	35,63	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	10,16	%
Sabbia g	(2-4,75)	4,96	%
Sabbia m	(0,425-2)	19,03	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	30,21	%
Limo+argilla	(< 0,075)	35,63	%
Limo	(0,005-0,075)	25,05	%
Argilla	(< 0,005)	10,59	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	*g*
Diametro massimo	0,075	*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
0,0540	*mm*	31,66	%
0,0400	*mm*	27,72	%
0,0293	*mm*	24,34	%
0,0212	*mm*	22,09	%
0,0155	*mm*	18,70	%
0,0116	*mm*	16,45	%
0,0083	*mm*	14,20	%
0,0060	*mm*	11,94	%
0,0043	*mm*	9,69	%
0,0031	*mm*	7,43	%
0,0022	*mm*	5,18	%
0,0016	*mm*	4,62	%
0,0013	*mm*	4,05	%

ASTM CLASSIFICATION
SC-SM

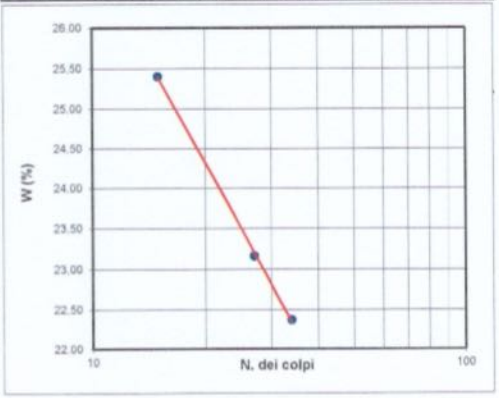
AASHTO M 145-82
-

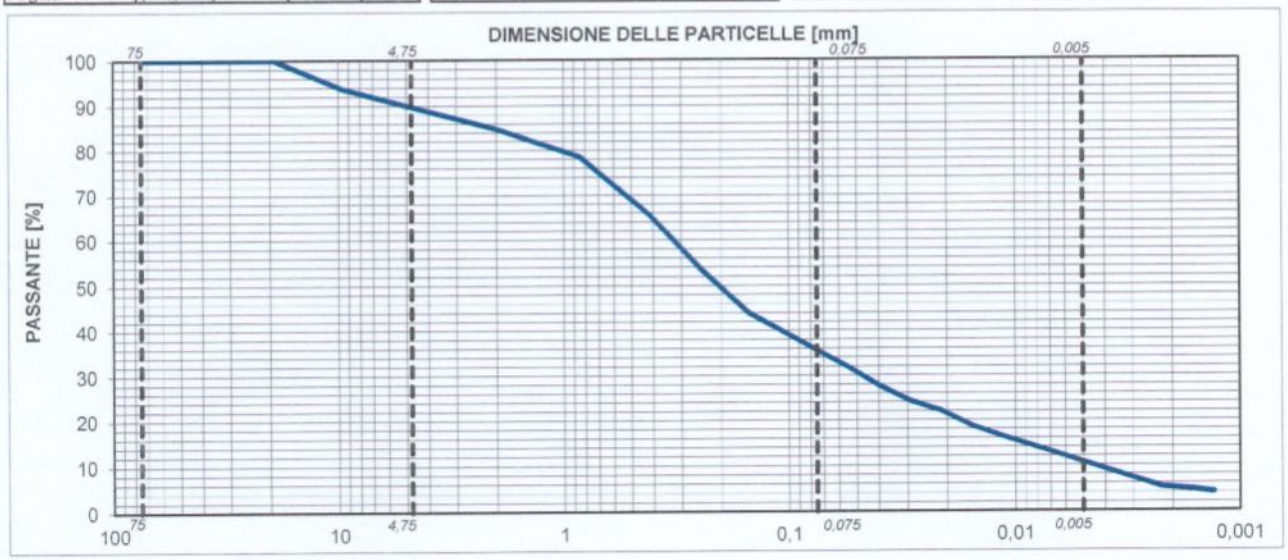
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)	23	%
Limite Plastico	(WP)	19	%
Indice di Plasticità	(IP)	4	%
Indice di Consistenza	(IC)	-	%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	23,05	55,78	49,15	25,40	15
	22,77	51,75	46,30	23,16	27
	23,01	49,65	44,78	22,37	34
LP	23,04	32,69	31,12	19,43	-
	22,55	31,57	30,11	19,31	-





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2754**	**del 29/08/2018**	
Accettazione n.	**2287**	**del 09/08/2018**	

SETACCIATURA *(ASTM D2487-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova **29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR9 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	25,00-25,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	822,5	*g*
Diametro massimo	15	*mm*
Diametro minimo	5	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.-No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	100,00	%
Passante	9,5	3/8	100,00	%
Passante	4,75	No. 4	99,84	%
Passante	2,0	No. 10	97,90	%
Passante	0,850	No. 20	92,04	%
Passante	0,425	No. 40	64,19	%
Passante	0,254	No. 60	36,49	%
Passante	0,150	No. 100	24,19	%
Passante	0,075	No. 200	16,34	%

Ghiaia g	(19-75)	0,00	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	0,16	%
Sabbia g	(2-4,75)	1,94	%
Sabbia m	(0,425-2)	33,71	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	47,85	%
Limo+argilla	(< 0,075)	16,34	%
Limo	(0,005-0,075)		%
Argilla	(< 0,005)		%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale		*g*
Diametro massimo		*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%
	mm		%

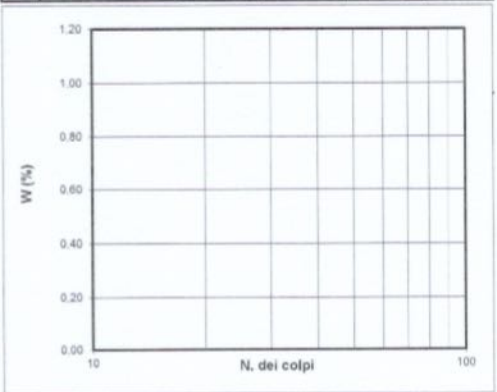
ASTM CLASSIFICATION
SC SM SC-SM
AASHTO M 145-82
-

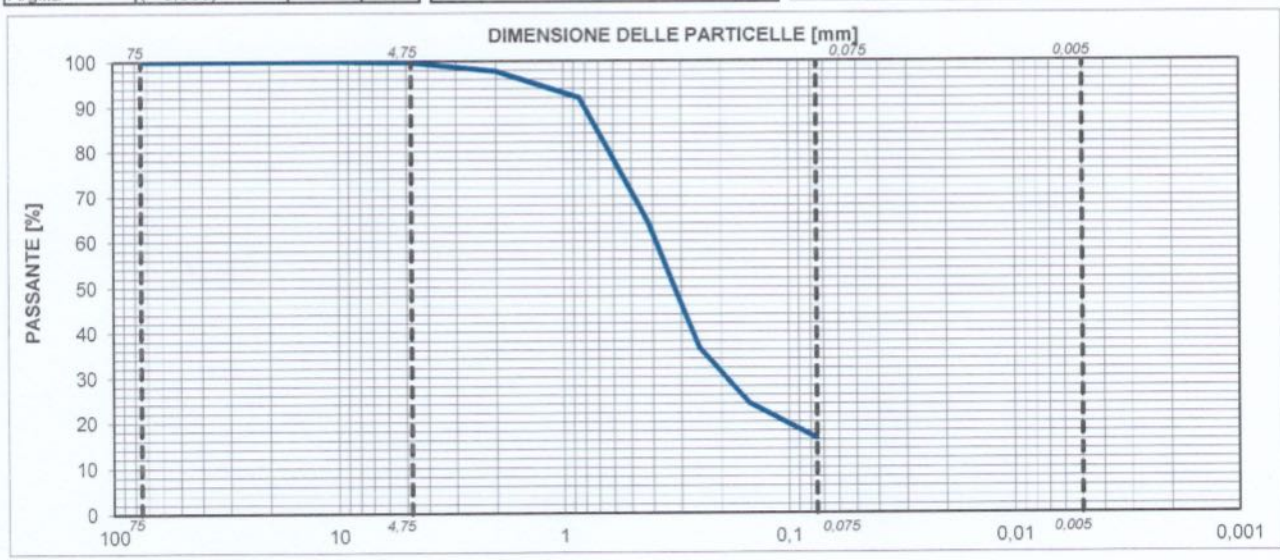
γ_s	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)		%
Limite Plastico	(WP)		%
Indice di Plasticità	(IP)		%
Indice di Consistenza	(IC)		%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL					
LP					





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618 STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 ICMQ n.11353 del 28.10.2011

Certificato n.	**2755**	**del 29/08/2018**	**Accettazione n. 2287**	**del 09/08/2018**

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE *(ASTM D2487-D422-D6913)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**
LIMITI DI CONSISTENZA *(ASTM D4318)*	data inizio prova	**13/08/2018**	data fine prova	**29/08/2018**

COMMITTENTE:	WIP SRL				
COMMESSA:	-				
LOCALITA':	SETTIMO MILANESE (MI)				
SONDAGGIO :	S1	**CAMPIONE:**	CR10 IN CLASSE Q3	**PROFONDITA' :**	29,00-29,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA

Peso iniziale	843,2	*g*
Diametro massimo	25	*mm*
Diametro minimo	15	*mm*
Contenuto d'acqua	-	%

	mm	*Set. in.- No.*	*Percentuale passante*	
Passante	75,0	3	100,00	%
Passante	50,8	2	100,00	%
Passante	38,1	1 1/2	100,00	%
Passante	25,4	1	100,00	%
Passante	19,0	3/4	98,83	%
Passante	9,5	3/8	96,99	%
Passante	4,75	No. 4	92,56	%
Passante	2,0	No. 10	85,37	%
Passante	0,850	No. 20	78,68	%
Passante	0,425	No. 40	64,74	%
Passante	0,254	No. 60	48,92	%
Passante	0,150	No. 100	38,36	%
Passante	0,075	No. 200	30,53	%

Ghiaia g	(19-75)	1,17	%
Ghiaia f	(4,75-19,0)	6,27	%
Sabbia g	(2-4,75)	7,19	%
Sabbia m	(0,425-2)	20,63	%
Sabbia f	(0,075-0,425)	34,20	%
Limo+argilla	(< 0,075)	30,53	%
Limo	(0,005-0,075)	19,93	%
Argilla	(< 0,005)	10,60	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE

Peso iniziale	50	*g*
Diametro massimo	0,075	*mm*

Diametro	u.m.	*Percentuale*	
0,0532	*mm*	28,10	%
0,0392	*mm*	25,20	%
0,0285	*mm*	23,27	%
0,0209	*mm*	20,37	%
0,0151	*mm*	18,44	%
0,0113	*mm*	16,03	%
0,0082	*mm*	13,61	%
0,0059	*mm*	11,68	%
0,0043	*mm*	9,75	%
0,0031	*mm*	7,82	%
0,0022	*mm*	5,89	%
0,0016	*mm*	4,92	%
0,0013	*mm*	4,44	%

ASTM CLASSIFICATION
SC

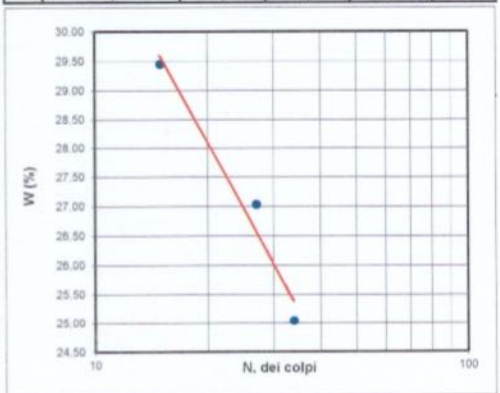
AASHTO M 145-82
-

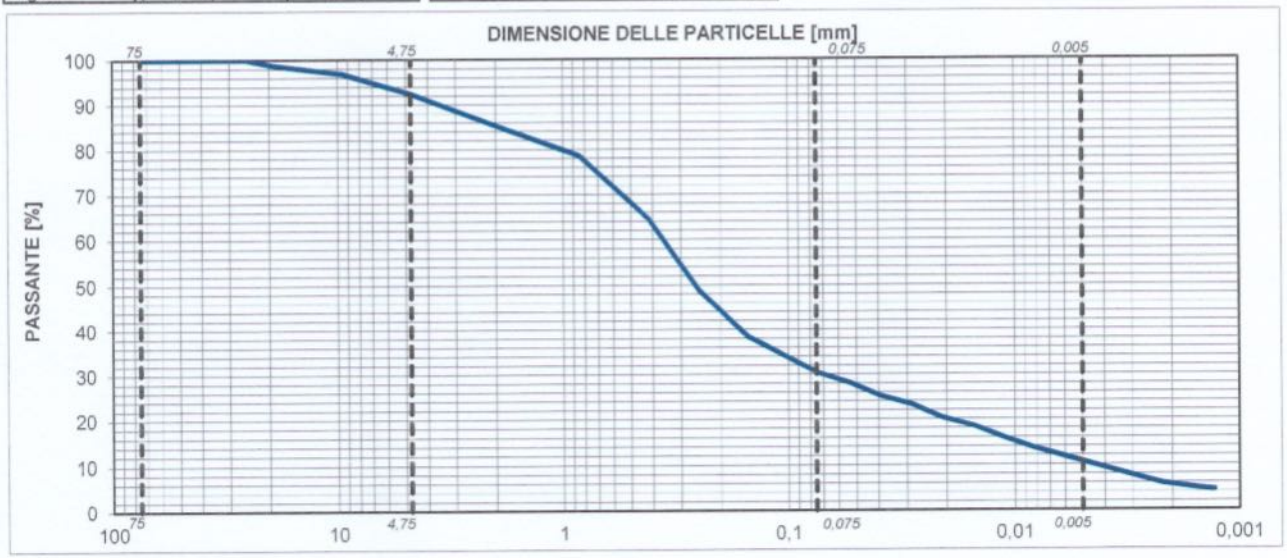
gs	-	*Mg/mc*
CU	-	-
CC	-	-

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite Liquido	(WL)	27	%
Limite Plastico	(WP)	19	%
Indice di Plasticità	(IP)	8	%
Indice di Consistenza	(IC)	-	%

	Tara (g)	Peso umido (g)	Peso secco (g)	Umidità (%)	N. dei colpi
LL	23,01	51,45	44,98	29,45	15
	23,52	48,99	43,57	27,03	27
	22,77	52,78	46,77	25,04	34
LP	23	35,94	33,79	19,93	-
	22,87	34,11	32,25	19,83	-





DIRETTORE DEL LABORATORIO

Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
E-mail:info@geoaltair.it P.E.C.:altairsrl1@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALLEGATO B

GEOSER
Geotecnica Ambientale

Esecuzione di indagine geognostica presso stabilimento EQUINIX in Via Reiss Romoli a Settimo Milanese (MI)

RAPPORTO D'INTERVENTO

Committente: Bouygues E&S InTec Italia S.p.A.

Maggio 2020

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
VILLANI GIANCARLO N° 829

INDICE

1.Premessa **3**

2. Indagini geognostiche **5**
2.1 Sondaggio a carotaggio continuo

3. Indagine sismica mediante prova MASW **6**

ALLEGATI

1. **Planimetria con ubicazione delle indagini**
2. **Documentazione fotografica**
3. **Stratigrafia**
4. **Elaborazione della prova MASW**

1. Premessa

Il presente rapporto illustra la campagna di indagini geognostiche eseguita a Settimo Milanese presso lo stabilimento Equinix Italia in Via Reiss Romoli.

Le indagini in campo sono state condotte dalla società Geoser Srl di Pavia sulla base delle specifiche fornite dai progettisti strutturali e sotto la diretta supervisione degli stessi nei giorni 14 e 15.05.2020.

L'indagine è finalizzata alla caratterizzazione geotecnica dei terreni sui quali insisterà una struttura di nuova realizzazione, ampliamento di un complesso già esistente.

Si è proceduto con la realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino ad una profondità di 30 m da p.c. nel quale sono state eseguite in avanzamento prove SPT.

Le carote sono state catalogate in apposite cassette e descritte da geologo abilitato.

Al fine di verificare proprietà fisiche del sottosuolo e le caratteristiche dinamiche del litotipo da indagare è stata condotta una prova sismica di tipo MASW.

Tutte le attività di campo compresa la descrizione stratigrafica dei sondaggi, l'esecuzione delle prove e l'elaborazione dei dati ottenuti sono stati condotti da geologo senior iscritto all'Albo Professionale.

L'ubicazione dei punti di indagine è indicata riportata nella planimetria rappresentata in figura 1, oltre che in **Allegato 1**.

La documentazione fotografica e l'elaborato stratigrafico sono riportati negli **Allegati 2** e **3,** l'elaborazione della prova MASW è riportata in **Allegato 4**.

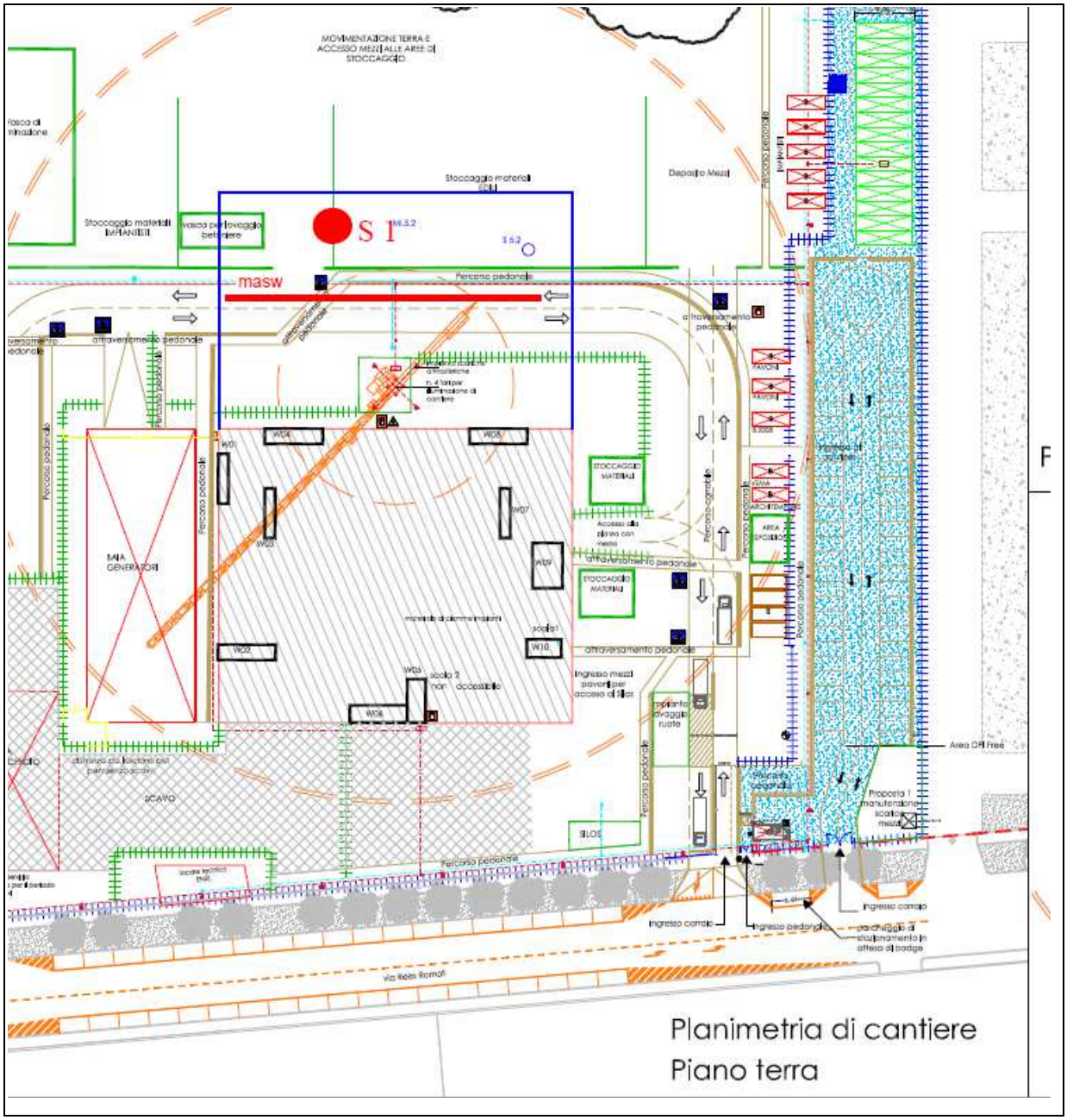


Figura 1 Ubicazione indagini

2. Indagini geognostiche

2.1 Sondaggio a carotaggio continuo

Al fine di analizzare la successione stratigrafica dei terreni attraversati e di definirne i principali parametri geotecnici attraverso l'esecuzione di prove in foro è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo denominato S1.

La perforazione è stata eseguita utilizzando una sonda perforatrice idraulica GEOMARC GM 1000 montata su carro semovente gommato (**Foto 1).**

Foto 1: sonda perforatrice idraulica Geomarc GM100 su S1

La sonda perforatrice idraulica utilizza un sistema di perforazione a rotazione, alimentato da una testa idraulica, che fornisce ad una batteria di aste il movimento rotatorio, e da pistoni idraulici, che danno la spinta necessaria per l'avanzamento.

Le caratteristiche tecniche della sonda sono riassunte nella seguente Tabella:

Velocità di rotazione	30 ÷ 520 Rpm
Coppia massima	1100 Kgm
Spinta	6300 Kg
Tiro	9000 Kg
Pressione pompa Triplex	200 l/min.

Tabella 1: caratteristiche tecniche sonda Geomarc GM1000

Come utensile per la perforazione ed il recupero delle carote è stato utilizzato un carotiere semplice con le seguenti caratteristiche:

diametro esterno ϕ_{est}	Diametro interno ϕ_{int}	lunghezza utile	Corona
101 mm	83 mm	150 cm	Widia

Tabella 2: caratteristiche carotiere semplice

Il carotiere semplice è un utensile di perforazione formato da un cilindro, con caratteristiche come da tabella 2, alla base del quale si trova una corona dentata tagliente. Alla base del cilindro, subito sopra la corona, è montato un dispositivo di estrazione necessario a non perdere il terreno quando si estrae il carotiere dal foro. Il carotiere è fatto ruotare con una determinata spinta in modo che il campione di terreno risalga al suo interno.

Per sostenere le pareti del foro è stata utilizzata una batteria di rivestimenti provvisori costituiti da tubi in acciaio con le seguenti caratteristiche:

diametro esterno ϕ_{est}	Diametro interno ϕ_{int}	Lunghezza spezzoni
127 mm	118 mm	150 cm

Tabella 3: caratteristiche rivestimento

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato spinto fino alla profondità di 30 m.
Il materiale carotato è stato riposto in apposite cassette catalogatrici, fotografato (**Allegato 2**) e descritto dal geologo abilitato che ha redatto la relativa tabella stratigrafica dalla quale appare la successione verticale degli orizzonti attraversati (**Allegato 3**).

3. Indagine sismica mediante prova MASW

L'indagine sismica è stata realizzata per determinare le proprietà fisiche del sottosuolo e le caratteristiche dinamiche del litotipo da indagare, attraverso la determinazione di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh nel sottosuolo.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (onde Sh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase.

Nel metodo di indagine MASW le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Attraverso questo metodo si ottiene un grafico (curva di dispersione) che descrive l'andamento delle velocità di fase in funzione delle frequenze nel range compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi si ottengono informazioni sulla parte superficiale del suolo, sui primi 30-50 m di profondità, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della curva di dispersione apparente sperimentale
2. calcolo della curva di dispersione apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Mediante l'analisi delle onde di Rayleigh viene determinato il parametro Vs_{30}, che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 m di profondità.

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando un software specifico.

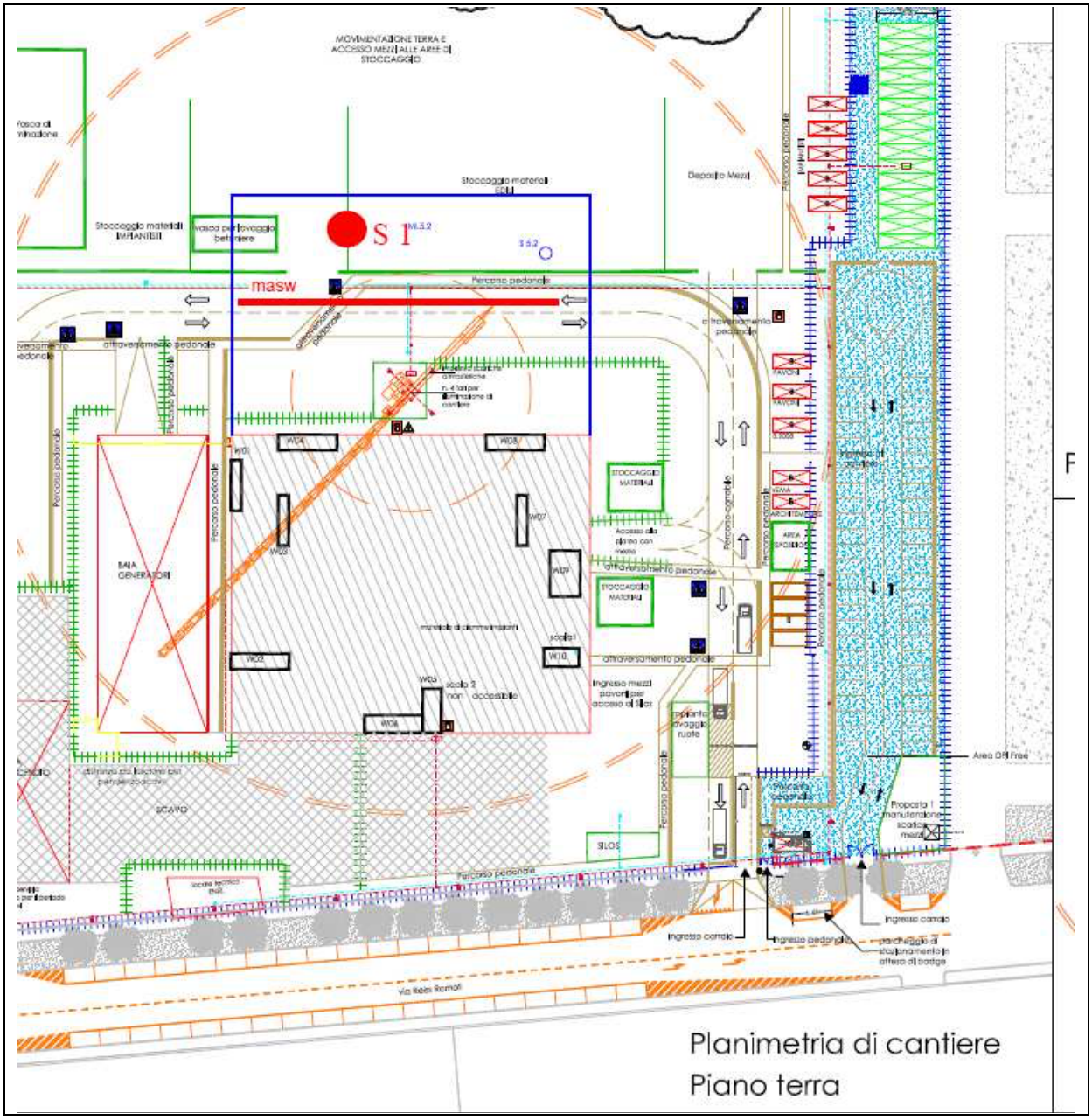
La prima fase consiste nell'elaborazione di tutte le registrazioni acquisite tramite l'analisi spettrale dei singoli sismogrammi allo scopo di ottenere lo spettro del segnale di velocità sismica in funzione della frequenza. Successivamente si seleziona lo spettro dal quale viene estrapolata la curva di attenuazione del segnale (curva di dispersione) dalla quale tramite una procedura di inversione si risale al modello stratigrafico in termini di velocità delle onde di taglio (Vs) da cui il valore relativo ai primi 30 m di sottosuolo ($V_{S,eq}$).

L'elaborazione del profilo sismico è visibile in Allegato 4.

ALLEGATI

ALLEGATO 1

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI


MOVIMENTAZIONE TERRA E ACCESSO MEZZI ALLE AREE DI STOCCAGGIO
Stoccaggio materiali
Deposito Mezzi
Stoccaggio materiali
vasca per lavaggio betoniere
masw
Percorso pedonale
attraversamento pedonale
MAIA GENERATORI
STOCCAGGIO MATERIALI
Accesso alla piazza con mezzi
Percorso carrabile
Ingresso mezzi pesanti per accesso al silos
SCAVO
SILOS
Area Off Free
Proposta 1 manutenzione scarica mezzi
Ingresso carrabile
Ingresso pedonale
Ingresso carrabile
parcheggio di stazionamento in attesa di badge
Via Ilaria Romoli
Planimetria di cantiere
Piano terra

ALLEGATO 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Sondaggio S1: cassa 1 da 0 a 5 m

Sondaggio S1: cassa 2 da 5 a 10 m

Sondaggio S1: cassa 3 da 10 a 15 m

Sondaggio S1: cassa 4 da 15 a 20 m

Sondaggio S1: cassa 5 da 20 a 25 m

Sondaggio S1: cassa 6 da 25 a 30 m

ALLEGATO 3

STRATIGRAFIA

GEOSER S.r.l.
Vi Basilicata 11 - Pavia
www.geoser.com

Committente: Bouygues E&S InTec Italia S.p.A.

Località: Settimo Milanese (MI)

Data inizio/fine: 14.05.2020/15.05.2020

Attrezzatura: Geomarc GM1000

Quota del p.c. s.l.m.(m): -

Lunghezza perforazione (m): 30,0

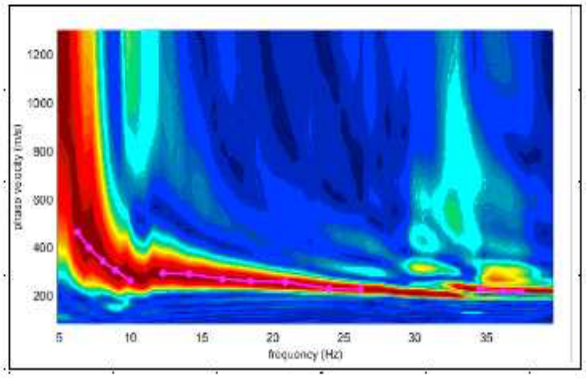
Scala 1:175

Sigla: S1

Spessore (m)	Profondità (m)	Stratigrafia	Campioni	DESCRIZIONE	Rivestim.to diam.mm/ prof.m	Carotiere diam.mm/ prof.m	S.P.T.	Falda
4,50	4,50			Terreno costituito da sabbia, ghiaia, laterizi, localmente debolmente limoso, marrone			1,5 11-9-12 3,0 8-8-6 4,5 8-4-2	4,60
8,20	12,70			Sabbia da grossolana a fine, marrone, con ghiaia media e fine, rara grossa, a tratti la ghiaia è prevalente			6,0 12-11-7 7,5 9-11-15 9,0 4-16-17 10,5 3-6-17 12,0 14-11-7	
1,50	13,20			Argilla limosa, marrone, debolmente sabbiosa, plastica, consistente			13,5 9-14-22	
1,80	15,30			Argilla con limo, debolmente sabbiosa, grigio scura			15,0 8-13-13	
2,30	17,60			Sabbia da grossolana a fine, con limo grigio, debolmente argillosa, debolmente ghiaiosa			16,5 13-13-25	
1,40	19,00			Sabbia media e fine, marrone, debolmente limosa, con ghiaia da grossa a fine			18,0 5-10-19	
1,50	19,50			Limo marrone sabbioso passante a tratti a sabbia limosa			19,5 14-20-25	
1,50	20,00			Sabbia media e fine, marrone, debolmente limosa, con ghiaia			21,0 12-19-21	
3,60	23,60			Ghiaia da grossa a fine con sabbia marrone, da grossolana a fine, debolmente limosa			22,5 11-12-15	
3,90	27,50			Sabbia media e fine, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa			24,0 13-16-21 25,5 14-18-22 27,0 24-23-31	
2,50	30,00			Sabbia media e fine, marrone, debolmente limosa	127/30,0	101/30,0	28,5 17-24-31 30,0 19-27-32	
				Sabbia media e fine, debolmente limosa, da debolmente ghiaiosa a ghiaiosa				

ALLEGATO 4

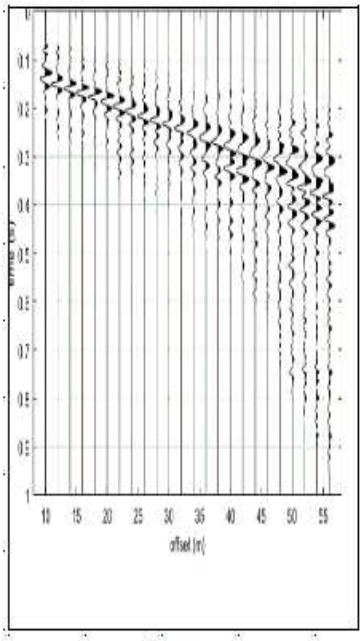
ELABORAZIONE DELLA PROVA MASW



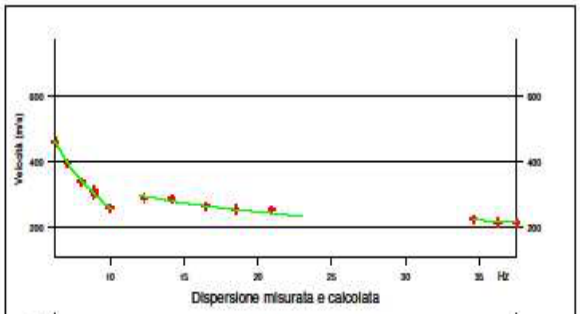
LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

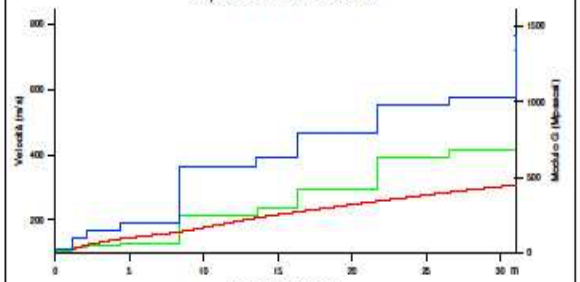
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H/Vt	VsX	G
0	1.2	110	.0108	110	19
1.2	2.2	146	.0068	124	35
2.2	4.3	167	.0131	142	47
4.3	8.3	192	.0207	162	62
8.3	13.6	368	.0144	207	250
13.6	16.3	392	.007	225	291
16.3	21.7	465	.0117	258	424
21.7	26.6	553	.0087	286	628
26.6	30	575	.0077	308	685

VALORE CALCOLATO VS EQ. = 303 m/s

PROVA SISMICA VS30
GEOSER SRL - PAVIA
SETTIMO MILANESE - VIA REISS ROMOLI
VELOCITA' DELLE ONDE S MASW
MAGGIO 2020